

Des difficultés en résolution de problèmes de physique : quelles aides pour les élèves ?

BRAHIM MAZOUZE

Laboratoire de didactique des sciences
École Normale Supérieure de Kouba, Alger
Algérie
bramazouz@yahoo.fr

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 pratique nécessaire et incontournable. Plusieurs recherches ont montré que les élèves trouvent des difficultés en résolution de problèmes de physique de manière générale, aussi bien au niveau phénoménologique qu'au niveau conceptuel. Pour aider ces élèves en difficulté de manière efficace, il faut tout d'abord localiser les obstacles. Pour que les propositions de remédiation soient objectives et pertinentes, nous pensons qu'il est utile d'avoir les points de vue des apprenants sur les « formes d'aides » qu'ils souhaiteraient lorsqu'ils sont en difficulté. Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire proposant plusieurs « formes d'aides » que nous considérons pertinentes. Nous avons mené par le biais de ce questionnaire une enquête (papier-crayon) en sollicitant un échantillon d'élèves. L'analyse et l'exploitation des résultats de l'enquête ont montré que les élèves en difficulté souhaitent beaucoup plus les aides suivantes : présentation d'un rappel de cours et de formules, explication du phénomène physique, présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées, utilisation des TICE et présentation du phénomène sous forme de simulation, travail en groupe.

MOTS-CLÉS

Résolution de problèmes, pratiques, difficultés, aide, performances

ABSTRACT

Problem solving has an important role in learning and prior learning assessment in physics. It is considered nowadays as a necessary and unavoidable practice. Much research has shown that pupils find difficulties in solving physics problems in general, both at the phenomenological level and at the conceptual level. In order to assist students effectively obstacles must be located first. We believe it is helpful to have learners' views on "forms of aid" which they wish when in difficulty, in order to propose appropriate remediation. For this, we developed a questionnaire with several "forms of aid" which we consider relevant. We have conducted a survey through a questionnaire (paper and pencil) by soliciting a sample of students. The analysis and exploitation of results of the survey showed that pupils in difficulty wish much more the following aid: presentation of the courses' synopsis and formulas, explanation of the physical phenomenon, presentation of a limited number of exercises with detailed solutions, use of ICT and presentation the phenomenon as a simulation, group work.

KEYWORDS

Problem solving, practice, difficulties, help, performance

INTRODUCTION

Dans les nouvelles réformes scolaires, l'enseignement/apprentissage des sciences physiques notamment 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 une pratique pédagogique efficace pour favoriser l'apprentissage et consolider les acquis (Reif, 1983; Dumas Carré, 1987; McDermott, 1997; Fabre & Orange, 1997; Boilevin, 2005; Orange, 2005).

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 mobilisant 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 de physique et des propositions de stratégies et de démarches globales ont été suggérées pour aider l'élève dans cette tâche. 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. Pour cela, nous avons procédé dans une recherche antérieure (Mazouze & Lounis, 2015) au repérage des difficultés des apprenants en résolution de problèmes dans le cas du phénomène ondulatoire. Pour y remédier, nous avons pensé utile de consulter l'apprenant (le concerné) dans le but d'avoir son avis sur les types d'aides qu'il souhaite avoir.

CADRE THÉORIQUE

Dans la taxonomie cognitive, la résolution de problème se situe parmi les activités intellectuelles les plus complexes. Elle suppose la maîtrise et la richesse de connaissances et d'habiletés de base. Selon Mc Dermott (1997), la résolution de problèmes a été utilisée par les psychologues cognitifs et les chercheurs en sciences cognitives comme un contexte permettant d'analyser les processus de pensée, c'est-à-dire les processus avec lesquels les individus de niveaux d'expertise différents tentent de résoudre les problèmes.

Le paradigme cognitiviste est le cadre explicatif qui a été le plus largement utilisé dans la compréhension du processus de résolution de problèmes et de ses mécanismes d'acquisition (Proulx, 1999). C'est dans ce contexte que doivent être considérés et interprétés les divers points de vue à propos de ce sujet.

Nous allons tout d'abord essayer de préciser le sens des concepts de la didactique que nous adoptons dans le cadre de cette étude et qui s'articulent autour des concepts de problème, de résolution de problèmes, des obstacles épistémologiques, didactiques ou pédagogiques rencontrés par les élèves en résolution de problèmes et des processus pouvant être mis en œuvre pour y remédier.

Les définitions les plus courantes des concepts « problème » et « résolution de problèmes », souvent indissociables, permettent de dégager, d'après Proulx (1999), trois attributs caractérisant un problème à résoudre :

- l'existence d'un écart entre une situation présente jugée insatisfaisante et une situation désirée ou un but à atteindre ;

- une absence d'évidence du cheminement menant à la réduction de l'écart exigeant ainsi, de la part du sujet, une démarche cognitive active d'élaboration et de vérification d'hypothèses sur la nature même de cet écart et sur les moyens possibles de le réduire ;
- le caractère subjectif relié à la résolution de problèmes ; en effet, une même situation faisant problème à une personne n'est qu'une simple exécution de procédure pour une autre.

Pour Newell et Simon (1972), résoudre un problème, c'est chercher un cheminement dans un espace. Cet espace et ce cheminement se définissent d'après un état initial correspondant à la représentation actuelle de la situation, d'un état-but ou situation désirée, d'un ensemble d'opérateurs ou de procédures permettant le passage d'une étape à une autre et de contraintes d'application rencontrées durant le cheminement.

La compréhension du problème et sa transformation par étapes, fondée sur la planification et le raisonnement, constituent le processus de résolution du problème.

Les chercheurs ont pris conscience ces dernières décennies que le rôle du problème est plus vaste et plus important (Astolfi et al., 1997). Cependant, Fabre et Orange (1997) distinguent trois types de pédagogies avec trois statuts possibles pour le problème : le problème comme critère de l'apprentissage (évaluation), le problème comme mobile de l'apprentissage (apprentissage par problème), et enfin le problème comme moyen de l'apprentissage (apprentissage par situation-problème). "*Tantôt stratégies d'enseignement et d'apprentissage, tantôt démarches intellectuelles complexes, tantôt caractéristiques d'une situation*" les problèmes sont bien souvent les trois simultanément (Jonnaert, in Proulx 1999, p. 11)

Dans le contexte de l'enseignement/apprentissage, notamment dans le système éducatif algérien, les problèmes proposés dans les manuels et pour l'évaluation ne sont que des exercices où l'élève sait d'avance que la solution existe (toujours et très souvent unique) et est en relation avec un corpus de savoir enseigné, contrairement aux autres types de problèmes scientifiques ou de la vie quotidienne, et c'est dans ce contexte que se limitera notre étude.

Permettre aux élèves de surmonter les obstacles qui entravent leurs apprentissages constitue un des défis fondamentaux d'un enseignement scientifique « constructiviste ».

Les obstacles peuvent être décrits comme « *des structures et modes de pensée résistants, qui souvent font système entre eux et qui s'instancient diversement dans chaque objet d'apprentissage scientifique* » (Astolfi & Peterfalvi, 1997, p. 193).

L'importance des obstacles épistémologiques et pédagogiques dans l'accès à la connaissance scientifique est aujourd'hui reconnue, mais trop peu de travaux ont été consacrés à la recherche de situations didactiques et de dispositifs d'apprentissage, organisés pour faire précisément franchir ces obstacles en situation scolaire. « *C'est en effet, en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique* » (Bachelard, 1938).

De nombreux travaux de recherches ont montré que beaucoup d'apprenants rencontrent de sérieuses difficultés dans les activités de résolution de problèmes (Reif, 1983; Dumas Carré, Gil-Perez & Goffard, 1990; Goffard, 1994; Proulx, 1999), car la capacité à résoudre les problèmes dépend non seulement de l'apprentissage des procédures, mais aussi de la capacité à mobiliser les compétences pertinentes (Proulx, 1999), et à faire appel à des savoirs annexes appropriés (McDermott, 1997). En effet, 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). Gil-Perez (1993, p. 51) affirme dans ce sens,

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* ».

Ces obstacles peuvent être liés à : la compréhension du phénomène physique et à l'appropriation de la situation étudiée, la schématisation, notamment la représentation dans l'espace à trois dimensions, la lecture des représentations graphiques, l'interprétation des représentations spatiales et temporelles et l'utilisation de l'outil mathématique notamment la fonction sinus dans le cas des ondes (Dean, 1980; Fazio, Guastella, Sperandeo-Mineo & Tarantino, 2008; Bryan & Fennell, 2009; Mazouze & Lounis, 2015).

La prise en compte didactique des obstacles dans tout projet de programme ou dans l'élaboration des activités d'apprentissage constitue une aide à leur « franchissement » et contribue à l'amélioration des performances des apprenants.

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 sont souvent confrontés à des obstacles dans les activités de résolution de problèmes, et ne savent comment les surmonter. Les enseignants de lycée affirment que certains élèves n'arrivent même pas à démarrer correctement la résolution d'un problème, particulièrement si ce dernier n'est pas "coutumier" (Dumas Carré, 1987).

Dans le système scolaire algérien, les situations présentées à l'élève dans le manuel scolaire ou pour l'évaluation, appelées à tort des problèmes, ne sont que des exercices, pour lesquelles les procédures nécessaires pour y répondre lui ont déjà été enseignées ou identifiées. Dans un tel cas, l'élève doit appliquer à nouveau les mêmes procédures pour consolider ses apprentissages (Proulx, 1999). Dans le même sens, et pour d'autres systèmes éducatifs, De Vecchi et Carmona-Magnaldi (in Boilevin, 2005, p. 16), précisent que les problèmes rencontrés en milieu scolaire ne sont en fait que des exercices puisqu'ils se résument bien souvent « *à un questionnement venant d'une personne (maître ou auteur du manuel) et devant être résolue par une autre personne (apprenant)* ». Aussi, Goffard (1990) fait remarquer que : « *les problèmes utilisés dans l'enseignement fonctionnent comme des exercices d'application des principes transmis. Alors qu'en dehors du système scolaire les problèmes sont le plus souvent ouverts* ». Dumas Carré (1987, p. 26) propose de nommer « problèmes coutumiers » ceux que l'on trouve dans les manuels ainsi que ceux qui servent d'évaluation dans les épreuves d'examens notamment le baccalauréat. Elle caractérise ces problèmes comme fermés, stéréotypés. Pour Dumas Carre (1987), ces problèmes sont utilisés :

- au cours de séances d'exercices (travaux dirigés) pour manipuler les concepts que l'enseignant veut faire acquérir aux apprenants ;
- dans les devoirs à chercher à la maison pour approfondir certains aspects de ces concepts ;
- dans les contrôles des connaissances acquises (évaluation).

À cet effet, nous nous proposons de nous positionner par rapport à ce genre d'activités dans notre travail, car nous estimons que la résolution d'un problème (ou d'un exercice) dans le contexte scolaire permet la consolidation des acquis, la mémorisation, l'approfondissement des connaissances ainsi que l'évaluation (Proulx, 1999).

Notre objectif est d'aider l'élève à améliorer ses performances en résolution de problèmes, c'est à dire à « *rapprocher le comportement des novices de celui des experts* » (Goffard, 1994, p. 35).

Pour cela, on se propose dans ce travail de chercher les types d'aides à lui apporter lorsqu'il est en difficulté en résolvant des problèmes de physique notamment ceux du domaine des ondes mécaniques, « *aider les élèves à apprendre, ce n'est pas seulement leur demander d'effectuer une somme d'exercices leur permettant d'intégrer un ensemble de techniques, c'est aussi (surtout !) leur faire prendre conscience de certains problèmes, les mettre en situation de réfléchir sur eux-mêmes, et donc les aider à aller vers une plus grande autonomie* » (De Vecchi, 2000, p. 233)

Pour cela, nous estimons qu'en premier lieu, il serait souhaitable de le consulter (approche clinique). À cet effet, nous avons mené une enquête par le biais d'un questionnaire papier-crayon. C'est une enquête « consultation » par le biais de laquelle nous avons mis en évidence les points de vue des apprenants sur un certain nombre de « formes d'aides » que nous leur avons proposées.

Présentation du questionnaire

Nous avons élaboré un questionnaire formé de 14 propositions qu'on considère comme des moyens ou des « formes d'aides » à l'apprentissage. Le questionnaire demande aux candidats de donner leur avis sur le plus ou moins grand besoin de chaque « aide » proposée, selon une échelle à quatre niveaux de « besoin » (De Landsheere, 1982), et nous les avons sollicités à justifier leurs choix.

Le questionnaire se termine par une question ouverte où le candidat est appelé à citer d'autres « aides » que nous n'avons pas mentionnées et que les élèves jugent utiles dans la résolution de problèmes de manière générale. Les quatre niveaux de besoin que nous avons adoptés se présentent comme suit : 1 - aucun souhait, 2 - peu souhaitable, 3 – souhaitable, 4 - très souhaitable.

Le questionnaire est anonyme et distribué aux élèves pendant la séance de physique, à la fin de l'étude du chapitre des ondes.

Échantillon sollicité

Nous avons sollicité dans cette étude 94 élèves de lycées en classe de 3^{ème} année secondaire (terminale en France) de la région d'Alger.

ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Dans le but de simplifier l'analyse nous avons choisi de regrouper les réponses en deux catégories : non souhaitable (aucun souhait + peu souhaitable) et souhaitable (souhaitable et très souhaitable), cette procédure nous permettra de dégager des tendances de choix (Tableau détaillé en annexe). Nous avons demandé aux élèves leurs points de vue sur les formes d'aides citées dans le tableau 1.

La question est posée en langue arabe, sa traduction peut être formulée ainsi : « *Lorsqu'on te propose un exercice ou un problème de physique (ondes mécaniques) en classe et que tu trouves des difficultés à le résoudre, parmi les formes d'aides citées dans le tableau suivant, quel est pour toi le plus ou moins grand besoin de chaque aide (selon une échelle à quatre niveaux de besoin) ? Mets une croix dans la case correspondante et justifie ton choix* ». Nous avons enregistré les résultats suivants :

TABLEAU 1
Réponses en % avec : non souhaitable et souhaitable, (N=92)

Formes d'aides		Réponses (%)		
		Non souhaitable	Souhaitable	Sans Rép.
p1	un rappel succinct du cours	19	77	4
p2	un rappel des formules étudiées	26	68	6
p3	un rappel sur l'utilisation de la fonction sinus	36	50	14
p4	un exercice semblable avec une solution succinct.	41	50	9
p5	un nombre réduit d'exercices types, avec des solutions détaillées et approfondies	27	63	10
p6	un grand nombre d'exercices avec des solutions très brèves.	43	50	7
p7	une explication du phénomène physique étudié	20	75	5
p8	une expérience de simulation	37	54	9
p9	travailler en groupe	38	54	8
p10	travailler individuellement sans aide extérieure	60	31	9
p11	des rappels sur la lecture des graphiques et schémas	45	49	6
p12	des cours sur la représentation dans l'espace	58	23	19
p13	recours aux cours de soutien (extrascolaire)	50	43	7
p14	utilisation des TICE (ordinateur, CD, internet, ...)	32	59	9

Les résultats enregistrés dans ce tableau montrent que de manière globale les élèves souhaitent être aidé puisqu'on a comptabilisé une moyenne globale pour « souhaitable » pour toutes les propositions confondues égale à 50%.

Nous avons classé dans le tableau suivant les propositions d'aides par ordre de préférence décroissant et nous nous sommes limités à celles dont le pourcentage dépasse 50%, dans le but de se focaliser sur les plus pertinentes.

TABLEAU 2
Classement des « aides » par ordre de souhait décroissant (N=92)

Formes d'aides souhaitées		Rép. (%)
p1	présentation d'un rappel de cours	77
p7	explication du phénomène physique	75
p2	présentation d'un rappel de formules	68
p5	présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées	63
p14	utilisation des TICE	59
p8	présentation du phénomène sous forme de simulation	54
p9	travail en groupe	54

Examinons de près les réponses des apprenants aux différentes propositions, selon notre cadre théorique :

Proposition p1 : présentation d'un rappel de cours

D'après ce tableau, la majorité des élèves considère qu'un rappel de cours est très souhaitable pour les aider à résoudre des problèmes. Ils ont donné les arguments suivants :

- ça permet l'encrage des idées et une meilleure compréhension du cours ;
- ça permet de nous remémorer ce qu'on a oublié ;
- avec ça, on peut résoudre les exercices.

Proposition p7 : explication du phénomène physique

Aussi, pour les trois quart des élèves l'explication du phénomène physique est très souhaitable car elle est nécessaire pour la résolution d'un problème. Ils ont justifié par :

- sans elle, on ne comprend pas les questions posées ;
- ça nous aide à mieux comprendre ;
- ça facilite l'exercice.

Proposition p2 : présentation d'un rappel de formules

68% des élèves demandent qu'on leur donne un rappel des formules utilisées en cours. Ils ont donné les arguments suivants :

- il y a beaucoup de formules, et ça nous permet de se les rappeler ;
- les exercices se résolvent par les formules.

Proposition p5 : présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées

Pour 63% des élèves, faire des exercices types avec des solutions approfondies et détaillées est bénéfique car cela les prépare mieux aux examens, ils ont justifié par :

- on apprend les méthodes de résolution et on acquiert les compétences ;
- facilite la compréhension et permet les révisions ;
- permet de passer les examens en étant sûr de soi ;

Propositions p14 et p8 : (utilisation des TIC) et (présentation du phénomène sous forme de simulation)

Pour les élèves, l'utilisation des TICE et des expériences de simulations sont des aides sollicitées par respectivement 59% et 54% des élèves. Les arguments avancés par ces derniers peuvent se résumer dans :

- ça aide beaucoup dans la compréhension et permet la consolidation des connaissances;
- développe les capacités d'apprentissage ;
- permet de gagner du temps et faire les expériences qu'on ne peut pas voir ;
- permet de voir l'expérience avec précision et appréciation ;
- facilite la compréhension du problème et permet de le retenir.

Propositions p9 : travail en groupe

Un peu plus de la moitié des élèves préfère le travail en groupe comparativement au travail individuel car c'est une stratégie d'apprentissage qui d'après ce groupe est profitable. Ils ont donné les justifications suivantes :

- on apprend des erreurs des autres, et on se corrige mutuellement ;
- on s'échange les idées, on discute des points importants ;

- *si je n'arrive pas à comprendre, un de mes amis me fait comprendre.*

D'un autre côté, les propositions **p10** (travailler individuellement sans aide extérieure) et **p12** (des cours sur la représentation dans l'espace) sont les moins souhaitées par les élèves. En effet, dans le travail en groupe les élèves seraient plus à l'aise, car lorsqu'ils éprouvent une difficulté, ils peuvent communiquer, collaborer, s'entraider, par contre dans le travail individuel *sans aide extérieure* les élèves se retrouvent seuls face aux obstacles. «*Quand des individus sont attelés à une tâche et qu'ils éprouvent une difficulté, leur réaction immédiate n'est pas d'engager un apprentissage, perçu comme long et fastidieux, les détournant de ce qui les mobilise, elle est de résoudre le problème à l'économie, en faisant appel à un expert ou en se procurant l'objet manquant* » (Meirieu, 1997, p. 16).

Aussi, la représentation dans l'espace serait sans doute liée à des obstacles car la géométrie dans l'espace, la représentation ou le dessin dans l'espace à trois dimensions ne sont pas pris en charge convenablement dans les programmes en Algérie notamment pour les filières scientifiques.

Concernant la question ouverte, demandant de proposer d'autres formes d'aides, les élèves ont formulés plusieurs propositions et nous résumons dans ce qui suit les plus pertinentes :

- Ne pas aller trop vite dans les cours ;
- Programmer des séances pour la résolution des exercices ;
- Faire le maximum d'exercices avec des solutions détaillées ;
- Faire des expériences réellement et individuellement ;
- Fournir dans les laboratoires le matériel nécessaire ;
- Utilisation de l'ordinateur ;
- Eviter les questions pièges dans les exercices ;
- La formulation des questions (de l'enseignant) dans les exercices doit être claire et soignée.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les activités de résolution de problèmes sont considérées par les élèves en classe de terminale comme décisives car, de leurs points de vue, c'est à travers ces dernières qu'ils améliorent leurs performances pour la réussite à l'examen du baccalauréat (évaluation sommative), sachant que dans le système scolaire algérien, cet examen se compose d'un ensemble d'exercices.

À cet effet, ces élèves ont tendance à demander toute forme d'aide leur permettant de surmonter les obstacles qu'ils rencontrent dans les différents exercices qu'ils ont à résoudre afin d'arriver à la solution

Les résultats de cette enquête ont montré que les élèves souhaitent être aidés dans leurs tâches de résolution de manière efficace. Ils ont tendance à privilégier certaines pratiques, notamment tout ce qui est rappel (cours, formules), à avoir de plus amples explications concernant les phénomènes étudiés particulièrement par l'usage des simulations.

Certains apprenants pensent que la résolution d'un grand nombre d'exercices avec des solutions détaillées leur permet de maîtriser le domaine étudié en mémorisant les solutions et non la méthode, ils se retrouvent ainsi piégés si le problème n'est pas « coutumier ». Par contre, d'autres optent pour un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées, ces derniers ont tendance à comprendre la méthode de résolution et non à mémoriser toutes les solutions. Aussi, nous avons noté que la moitié des élèves favorisent le travail en groupe.

Beaucoup d'élèves ont signalé certaines défaillances dans le système éducatif qui entravent l'apprentissage et par la même l'évaluation. Ils ont signalé le manque de matériel dans les laboratoires qui ne leur permet pas de faire certaines expériences donc de manipuler, l'attitude de certains enseignants, qui voulant terminer un programme trop long, les pousse parfois à aller trop vite au détriment de la compréhension et du suivi des cours.

Enfin, cette enquête nous a permis de consulter les concernés (apprenants) pour avoir leurs avis sur certaines propositions d'aides que nous estimons utiles. L'avis des apprenants est légitime mais n'est pas une exigence en soi, il est pour nous un indicateur et un point d'appui pour faire des propositions de remédiations objectives et pertinentes.

RÉFÉRENCES

- Astolfi J. P., et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Paris-Bruxelles: De Boeck.
- Astolfi J. P., & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Bryan, J. A., & Fennell, B. D. (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 waveso where is the difficulty. *Physics Education*, 15(6), 373-375.
- De Landsheere, G. (1982). *Introduction à la recherche en éducation*. Paris: Armand Colin-Bourrelier.
- De Vecchi, G. (2000). *Aider les élèves à apprendre*. Paris: Hachette.
- Dumas Carré, A. (1987). *La résolution de problèmes en physique au lycée, le procédural: apprentissage et évaluation*. Thèse d'État, Université Paris VII, France.
- Dumas Carré, A., Gil-Perez, D., & Goffard, M. (1990). Les élèves peuvent-ils résoudre des problèmes? *BUPPC*, 728(1), 1289-1299.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster* 17, 37-57.
- Fazio, C., Guastella, I., Sperandeo-Mineo, R. M., & Tarantino, G. (2008). Modelling mechanical wave propagating : guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1491-1530.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster* 17, 41-64.
- Goffard, M. (1990). *Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique*. Thèse d'État, Université Paris VII, France.
- Goffard, M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris: ADAPT.
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation de signaux mécaniques : étude des difficultés des étudiants*. Thèse, Université Paris VII, France.

- Mazouze, B. (2011). Raisonnements et difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique : cas des interférences mécaniques. *BUPPC*, 931, 221-241.
- Mazouze, B., & Lounis, A. (2012). Les élèves et les représentations graphiques : cas des ondes mécaniques. *Skholé*, 17, 105-113.
- Mazouze, B., & Lounis, A. (2015). Résolution de problèmes et apprentissage des ondes : quels types de difficultés rencontrent les élèves ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 25-40.
- McDermott, L. (1997). Conception des élèves et résolution de problèmes. Retrieved from <http://icar.univ-lyon2.fr/Equipe2/coast/ressources/ICPE/francais/partieC/C1.pdf>.
- Meirieu, P. (1997). *Groupes et apprentissage*. *Connexions*, 68. Retrieved from <https://www.meirieu.com/ARTICLES/groupesetapprentissage.pdf>.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- 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. Recherches en didactique de la physique. *Actes du Premier Atelier international* (pp. 3-13). La Londe les Maures.

ANNEXE

Résultats détaillés de l'enquête

NS : non souhaitable, PS : peu souhaitable, S : souhaitable, TS : très souhaitable, SR : sans réponses

TABLEAU 3

Réponses détaillées en % (N=92)

	Formes d'aides	Réponses (%)				
		N.S	PS	S	TS	SR
1	un rappel succinct du cours	4	15	44	33	4
2	un rappel des formules étudiées	11	15	40	28	6
3	un rappel sur l'utilisation de la fonction sinus	24	12	32	18	14
4	un exercice semblable avec une solution succinct.	19	22	28	22	9
5	un nombre réduit d'exercices types, avec des solutions détaillées et approfondies	17	10	30	33	10
6	un grand nombre d'exercices avec des solutions très brèves.	27	16	20	30	7
7	une explication du phénomène physique étudié	3	17	29	46	5
8	une expérience de simulation	19	18	21	33	9
9	travailler en groupe	15	23	23	31	8
10	travailler individuellement sans aide extérieure	29	31	15	16	9
11	des rappels sur la lecture des graphiques et schémas	27	18	29	20	6
12	des cours sur la représentation dans l'espace	41	16	13	11	19
13	recours aux cours de soutien (extrascolaire)	33	17	16	27	7
14	utilisation des TICE (ordinateur, CD, internet, ...)	20	12	19	39	10