

Performances et difficultés des élèves du second cycle du secondaire Nigérien en résolution de problèmes de physique

Performances and difficulties of Nigerien high school students in solving physics problems

Baba Antimbé Coulibaly^{1*}, *Saïdou Madougou*¹, and *Ibro Chekaraou*²

¹École Normale Supérieure, Département de Physique, Niamey, Niger

²École Normale Supérieure, Département de didactique d'Anglais, Niamey, Niger

Résumé. Cette étude vise à déterminer les performances des élèves Nigériens ainsi que leurs difficultés en résolution de problèmes de physique. La méthodologie a consisté à utiliser une analyse qualitative et une analyse quantitative des données recueillies auprès d'un échantillon représentatif de 432 élèves en séries scientifiques (C et D) de six établissements du second cycle du secondaire au Niger ainsi que huit enseignants de sciences physiques. Ces analyses ont montré que 90% des élèves ont une performance faible en résolution de problèmes de physique. Cette faiblesse de performance est due à leurs difficultés liées aux connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles ainsi qu'à leurs lacunes en mathématiques et en français. Ainsi, la maîtrise par les élèves de ces trois types de connaissances couplée à l'utilisation des heuristiques (chaînage en avant, chaînage en arrière) contribue à surmonter ces difficultés et par conséquent à rehausser leur niveau en sciences physiques.

Abstract. The aim of this study was to determine the performance of Nigerien students and their difficulties in solving physics problems. The methodology consisted in using a qualitative analysis and a quantitative analysis of data collected from a representative sample of 432 students in science series (C and D) from six high secondary schools in Niger, as well as eight physical science teachers. These analyses showed that 90% of the students had a poor performance in physics problem solving. This poor performance was due to their difficulties with declarative, procedural and conditional knowledge, as well as their lack of knowledge in mathematics and French. Thus, students' mastery of these three types of knowledge coupled with the use of heuristics (forward chaining, backward chaining) helps to overcome these difficulties and consequently raise their level in physical sciences.

* Corresponding author : babaantimbecoulibaly@yahoo.fr

1 Introduction

La résolution de problèmes, devenue de plus en plus pertinente, intéresse activement le monde scolaire [1]. Elle favorise un apprentissage actif et contextualisé, encourageant ainsi l'autonomie des élèves. Dans le programme officiel de l'enseignement secondaire au Niger, l'activité de résolution de problèmes en physique est expressément recommandée.

Bien que la résolution de problèmes soit très bénéfique dans l'enseignement-apprentissage, elle engendre souvent des frustrations et des difficultés chez les élèves [2]. En effet, les élèves se retrouvent fréquemment confrontés à des obstacles lorsqu'ils tentent de résoudre des problèmes, notamment en Physique-Chimie.

L'analyse approfondie de ces difficultés permettra de mieux comprendre les mécanismes cognitifs et les prérequis en jeu dans la résolution de problèmes en physique. Cette meilleure compréhension constituera alors une base solide pour concevoir des interventions didactiques et pédagogiques efficaces, visant à soutenir le développement de ces compétences cruciales chez les élèves du secondaire.

À cet effet, Mazouze [3] a utilisé un questionnaire pour identifier les difficultés des élèves en résolution de problèmes sur les ondes mécaniques. Cependant, se fier uniquement à cet outil (le questionnaire) ne permet pas de déterminer efficacement les difficultés que les élèves rencontrent pour résoudre des problèmes, étant donné que l'on ne peut pas garantir que les élèves reconnaissent et/ou expriment leurs véritables difficultés. Il est donc nécessaire de procéder à l'analyse de leurs productions pour une meilleure compréhension de leurs difficultés. D'ailleurs, Ouasri [4-7] et Ouasri et Ravanis [8] ont analysé les copies des élèves afin de déterminer les difficultés qu'ils rencontrent en résolvant les problèmes d'électricité, de mécanique et d'équilibres chimiques. Ces auteurs ne se sont intéressés qu'aux problèmes routiniers (exercices) en n'évaluant que les connaissances déclaratives et procédurales ; les connaissances conditionnelles n'ont pas été considérées.

Les problèmes routiniers sont des exercices qui ne visent que l'application des définitions des concepts et des lois (ou théorèmes). Dans ces types de problèmes, les étapes intermédiaires menant à la solution sont explicitement précisées sous la forme affirmative ou interrogative contrairement aux problèmes non routiniers où elles ne sont pas explicitées. Dans les problèmes non routiniers, l'élève fait appel à ses connaissances conditionnelles tandis que ces dites connaissances lui sont fournies dans les énoncés des problèmes routiniers. Il y a très peu d'étude qui abordent les difficultés des élèves dans la résolution des problèmes non routiniers.

En contexte nigérien, les recherches en didactique n'ont pas étudié les difficultés des élèves en résolution de problèmes. Cette étude vise donc à contribuer à enrichir la littérature dans ce sens. Plus spécifiquement elle vise à combler la littérature en s'appuyant, méthodologiquement, sur l'analyse des copies et sur les entretiens individuels avec les enseignants. De plus, cette étude s'intéresse tant aux connaissances déclaratives et procédurales qu'aux connaissances conditionnelles.

Dans cet article, les performances des élèves en résolution de problèmes de physique sont précisées et les difficultés expliquant ces performances sont cernées. L'explicitation de ces difficultés permet d'élaborer des stratégies et des modèles de résolution de problèmes afin d'améliorer les performances des élèves. Elle permet aussi aux enseignants de prendre des décisions afin d'assurer la régulation au cours des séances de résolution de problèmes dans leurs classes.

2 Problématique

La résolution de problèmes nécessite des compétences dans les domaines cognitif, affectif et social ; ce qui justifie ses caractères complexe et difficile à l'école [9]. D'après Houdement [10], la résolution de problèmes favorise la motivation, l'entraînement, le réinvestissement et l'évaluation, d'où sa recommandation en toutes les étapes de l'enseignement. Cependant, il ajoute que c'est une activité difficile pour les élèves mais aussi pour leurs enseignants qui ne parviennent pas à les guider de façon efficace. Pour guider les élèves en résolution de problèmes, il faut au préalable disposer des informations concernant leurs difficultés. Ainsi, cela conduit à la question de recherche suivante : Quelles sont les difficultés des élèves du second cycle du secondaire en résolution de problèmes de physique ? Cette étude poursuit un deux objectifs. Dans un premier temps, il vise à évaluer les performances des élèves en résolution de problèmes de physique. Ensuite, il cherche à identifier les difficultés qu'ils rencontrent lors de la résolution de problèmes dans cette discipline.

3 Cadre théorique

Pour déterminer les difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique, cette recherche s'appuie sur les deux derniers principes (4e et 5e) de la psychologie cognitive.

3.1 Quatrième principe de la psychologie cognitive

La psychologie cognitive stipule en son quatrième principe que « l'apprentissage concerne autant les stratégies cognitives et métacognitives que les connaissances théoriques » [11, p. 34].

3.1.1 *Stratégies cognitives*

Très souvent, l'enseignement concerne uniquement les connaissances théoriques. L'élève n'apprend que des connaissances statiques. Cependant la psychologie cognitive lui confère en plus des connaissances théoriques, les stratégies cognitives et métacognitives qui sont des connaissances dynamiques [11]. L'enseignant doit rendre l'élève conscient des stratégies permettant d'accomplir les tâches de façon efficace et efficiente. Plus précisément, il doit lui enseigner les stratégies (cognitives et métacognitives), tout comme les connaissances théoriques afin d'améliorer sa performance.

Les stratégies cognitives correspondent aux connaissances qui permettent le traitement des informations. Elles mettent en relation les connaissances nécessaires à la réalisation d'une tâche. Une stratégie de résolution d'un problème est une organisation spécifique, planifiée d'un chemin de résolution de ce problème. C'est donc une opération ou un ensemble d'opérations réalisées pour atteindre un but (une solution intermédiaire ou une solution finale d'un problème).

D'après Torres [12], fondamentalement, il existe deux manières de résoudre un problème : les algorithmes et les heuristiques. Un algorithme est une suite d'instructions, de formules à appliquer qui garantissent l'obtention de la solution. Pour Ouasri [13], un algorithme est constitué des règles d'action systématique qui aboutissent assurément à la solution. La résolution par l'algorithme est très efficace, appliquée correctement, elle aboutit à la solution, cependant elle ne peut s'appliquer que dans des situations bien spécifiques.

L'heuristique est une suite d'opérations mentales non fondée sur un algorithme et qui permet la « découverte et l'invention » [14, p. 112]. Contrairement aux algorithmes, l'heuristique est une résolution libre dont le chemin est à inventer.

On distingue quatre stratégies heuristiques de résolution : l’analyse moyen-fin (le chaînage en avant, le chaînage en arrière), la résolution par essais-erreurs, la résolution de problème par analogie et le remue-méninge. Cet article s’intéresse uniquement à la première, car elle est la plus pertinente en résolution de problèmes de physique au secondaire. Les autres stratégies sont beaucoup plus intéressantes dans d’autres domaines ou d’autres niveaux.

L’analyse moyen-fin est une stratégie de résolution de problèmes qui consiste à estimer l’écart entre les données initiales et le but du problème et chercher des opérateurs qui permettent de réduire cet écart jusqu’à l’obtention de la solution. Quand cet écart devient nul, la solution est obtenue. Selon Torres [12], il est possible de créer de sous-buts et chercher un opérateur pour chacun d’eux afin de trouver des solutions intermédiaires menant ainsi à la solution finale.

Cette stratégie est très efficace, notamment en électrocinétique où certaines formules sont liées les unes aux autres. Ayant la grandeur a et voulant trouver la grandeur f, le chaînage en arrière est utilisé pour trouver b, c, d et enfin f. Autrement dit, l’écart entre a et f est réduit progressivement en utilisant des expressions de lois de l’électrocinétique. Cet écart pourrait être réduit de deux façons : en partant but aux données (chaînage arrière) ou des données au but (chaînage avant).

Le chaînage en arrière (bottom-up) est une stratégie heuristique très utilisée. Il consiste à considérer l’état final du problème et à chercher des moyens qui conduisent à l’état initial (figure 1). Il s’agit donc de « sélectionner un opérateur dont l’application conduit au but Si cet état est notre état de départ, alors le problème est résolu. Sinon, on applique la même procédure à partir de l’état but intermédiaire » [16, p. 215]. Dans cette stratégie, on se base beaucoup plus sur l’état final que les données du problème. Cette heuristique peut permettre de formuler des sous-buts à atteindre » [17, p. 172].

Le chaînage en avant (top-down) est une stratégie qui se base sur les données initiales du problème pour enchaîner les opérations en vue d’obtenir la solution (figure 2). Cette stratégie, contrairement au chaînage en arrière ne considère pas ou considère très peu le but du problème avant d’utiliser les opérateurs. Elle paraît plus facile, mais elle est moins efficace que le chaînage en arrière et elle demande beaucoup plus de prudence. Elle « peut conduire la personne à des solutions tout à fait inappropriées parce que le but désiré n’a pas été analysé d’une façon qui semble assez rigoureuse » [11, p. 257]. Cet auteur précise que les experts utilisent cette stratégie très efficacement contrairement aux novices car les premiers ont une base de connaissances spécifiques très bien développées [11]. Les seconds se basent uniquement sur les données, effectuent des calculs qui n’aboutissent pas à la solution.

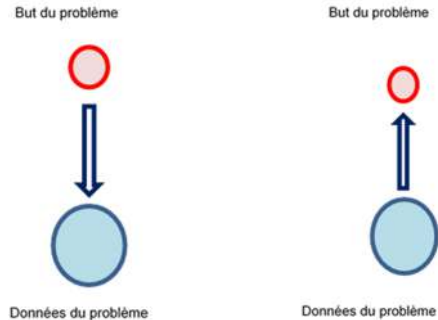


Fig. 1. Chaînage en arrière. **Fig. 2.** Chaînage en avant.

Ces stratégies sont toutes efficaces. Elles doivent être enseignées aux élèves. L’usage d’une stratégie par un solveur dépend entre autres du type de problème à résoudre et de son choix. Il est quand-même utile de les maîtriser toutes pour question d’efficacité et d’efficience. En

plus de l'enseignement de ces stratégies, l'enseignant doit diversifier sa technique pédagogique lors des travaux dirigés.

3.1.2 Stratégies métacognitives

Les stratégies métacognitives font référence aux processus mentaux par lesquels un individu évalue de manière systématique la pertinence de ses démarches, que ce soit au début, pendant ou à la fin de la résolution d'un problème. Elles s'appuient sur les compétences métacognitives, c'est-à-dire la capacité à organiser, contrôler, évaluer et réguler ses propres processus mentaux [18].

La métacognition désigne ainsi la connaissance et le contrôle des stratégies cognitives et affectives [11, 19]. Elle se traduit par une activité réflexive de planification, de suivi et d'évaluation des processus cognitifs [20, 21].

La métacognition est un processus séquentiel mis en œuvre par une personne pour contrôler ses activités et atteindre un objectif cognitif [22]. Les stratégies métacognitives se caractérisent par la planification, le suivi, la régulation et l'évaluation [23].

3.2 Cinquième principe de la psychologie cognitive

Selon le cinquième et dernier principe de la psychologie cognitive, les connaissances se répartissent en trois (3) catégories : les connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles [11].

3.2.1 Connaissances déclaratives

Les connaissances déclaratives sont des savoirs institués, c'est-à-dire des connaissances théoriques partagées par une communauté scientifique. Il s'agit des connaissances de règles, de théorèmes, de principes, de lois. Selon Tardif [11], les connaissances déclaratives sont des connaissances statiques. Les connaissances déclaratives constituent une base pour les connaissances procédurales et conditionnelles. Plus précisément, les connaissances déclaratives sont utilisées pour aboutir aux connaissances procédurales et conditionnelles. Sans la maîtrise des connaissances déclaratives, les autres types de connaissances ne sont pas accessibles.

Il est contre-productif d'enseigner uniquement les connaissances déclaratives et de porter l'évaluation sur les trois types de connaissances [11]. L'école se limite le plus souvent à l'enseignement des connaissances déclaratives. Pourtant ces connaissances ne suffisent pas. Un enseignement complet et efficace exige donc en plus de l'enseignement des connaissances déclaratives celui des connaissances procédurales et conditionnelles.

3.2.2 Connaissances procédurales

Les connaissances procédurales englobent la manière dont une tâche est réalisée [11, p. 50]. Les connaissances procédurales permettent, en résolution de problèmes, de concevoir un plan de résolution. Elles permettent de faire appel non seulement aux formules appropriées mais aussi leur ordre d'application dans la résolution de problèmes. Les connaissances procédurales permettent de répondre à la question : Comment utiliser les connaissances déclaratives ?

3.2.3 Connaissances conditionnelles

Les connaissances conditionnelles permettent de répondre à la question : Quand et pourquoi utiliser les connaissances déclaratives et procédurales ? Elles correspondent donc aux conditions d'utilisation des connaissances déclaratives et procédurales. Elles constituent le support de transfert des apprentissages car elles permettent d'utiliser les connaissances déclaratives et procédurales dans différents contextes.

Dans la conception cognitive de l'enseignement-apprentissage, les trois catégories de connaissances sont très importantes. Leurs insertions dans l'enseignement exigent des stratégies différentes [11]. Ces trois catégories de connaissances doivent être enseignées explicitement afin d'améliorer les performances des élèves en résolution de problèmes.

Pour résoudre un problème de physique, il faut donc une maîtrise de ces trois types de connaissances. Par exemple, en mécanique, pour résoudre un problème, l'élève doit maîtriser non seulement les énoncés des lois, mais aussi les expressions mathématiques y afférentes ainsi que les conditions d'utilisation de ces lois et expressions.

4 Méthodologie

Cette recherche adopte une méthode mixte (quantitative et qualitative). La population cible est constituée des élèves du second cycle du secondaire en séries scientifiques C et D (2^{de} C, 1^{re} C, 1^{re} D, terminale C et terminale D) de deux villes du Niger (Niamey et Dosso).

4.1 Méthode quantitative

4.1.1 Tests en résolution de problèmes

La méthode quantitative, dans cette étude, consiste à déterminer les performances des élèves en résolution de problèmes à la suite d'un test dans chaque niveau. Ces performances se répartissent en trois catégories selon la note obtenue (sur 10) : la performance faible (de 0 à 4), la performance moyenne (de 5 à 7) et la performance bonne (de 8 à 10). Les tests des niveaux 2^{de}, 1^{re} et terminale portent respectivement sur l'électrocinétique (loi des mailles), la mécanique (énergie cinétique) et la vibration (propagation d'un mouvement vibratoire). La durée de chaque test de 30 minutes. Chaque test porte sur un problème.

Test en 2^{de} C, Durée : 30 minutes

« Confronté à une panne électrique dans un domicile, un électricien schématise une portion d'un circuit électrique (voir figure 3) fonctionnant en régime continue. Il dispose des données suivantes en plus du sens du courant indiqué (par une flèche) dans quelques branches. Les tensions aux bornes des appareils D6, D9 et D5 sont respectivement de 30V, 5V et 17V. Les appareils D7, D4 et D5 sont soumis à la même tension. La tension aux bornes de l'appareil D2 est le double de celle aux bornes de D9. Déterminer la valeur de la tension aux bornes de l'appareil D1. » [24, p. 467]

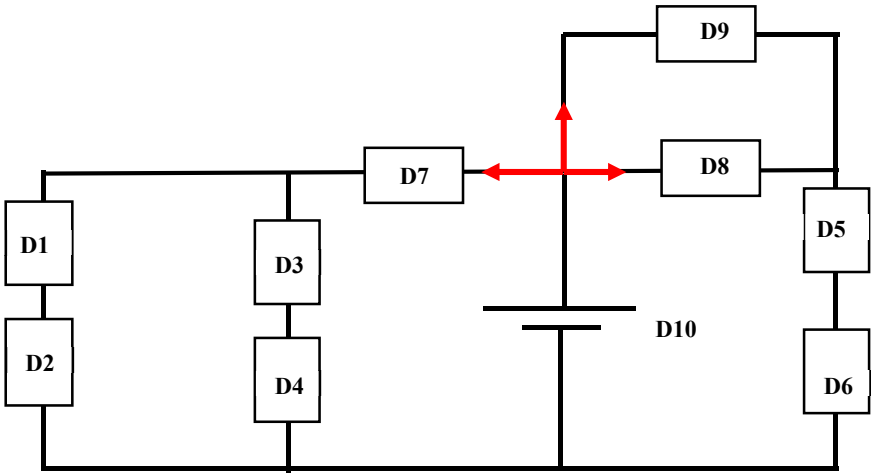


Fig. 3. Portion de circuit électrique [24, p. 467].

Test en 1^{re} D, 1^{re} C, Durée : 30 minutes
« Une voiture de masse 3 tonnes (y compris le conducteur) roule à une vitesse excessive de 95 km/h (la vitesse limite étant de 90km/h, voir figure 4) sur une route horizontale non large. Soudain, le conducteur voit un animal à 200m plus loin au milieu de la route. Il débraye (aucune force motrice) et appuie sur les freins. Sachant que la force de freinage f et la force de frottement f' ont respectivement pour valeur 4500N et 500N, le conducteur pourrait-il faire arrêter la voiture avant la position de l'animal ? Justifier votre réponse. » [24, p. 469]



Fig. 4. Vitesse limite [24, p. 469]

Test en Terminale D, Terminale C, Durée : 30 minutes
« Lors d'une séance de travaux pratiques au laboratoire de physique, un expérimentateur anime l'extrémité O d'une corde élastique (long de 15m) d'un mouvement sinusoïdal vertical de fréquence 100Hz et d'amplitude 10mm. La célérité des ondes le long de la corde est 10m/s et il n'y a pas de réflexion des ondes sur l'extrémité de la corde. A l'instant $t=0s$, cette extrémité O passe par sa position d'équilibre avec une vitesse négative. Soit un point M de la corde tel que $OM=x$. Représenter graphiquement l'aspect de la corde au point M à un instant correspondant à 3 périodes temporelles. » [24, p. 469]

4.1.2 Échantillon

L'échantillon de ce volet quantitatif est 432 élèves de cinq établissements publics (dont un à Dosso) et d'un établissement privé (à Niamey). Cet échantillon est représentatif de la population cible. Sa taille minimale est déterminée à partir de la formule de Krejcie & Morgan [25].

$$n = \frac{X^2 \cdot N \cdot P(1-P)}{e^2(N-1) + X^2 \cdot P(1-P)} \quad (1)$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 59837 \cdot 0,5(1-0,5)}{0,05^2(59837-1) + 1,96^2 \cdot 0,5(1-0,5)} \approx 382 \quad (2)$$

Pour l'étude quantitative, un échantillon d'au moins 382 participants est nécessaire. Toutefois, par précaution, un échantillon plus important a été choisi, car il est possible que certains participants se désistent avant la conclusion de l'étude. À cet effet, 432 élèves ont participé à cette étude quantitative.

4.2 Méthode qualitative

L'analyse qualitative consiste, d'une part à analyser (à l'aide d'une fiche d'appréciation) un corpus constitué des copies des élèves issues des tests en résolution de problèmes et d'autre part, à s'entretenir avec leurs enseignants. Les entretiens sont ensuite transcrits. Pour Thouin [26] :

« Les instruments utilisés pour faire l'évaluation systématique des productions des élèves sont les fiches d'appréciation.... Une fiche d'appréciation comporte une liste de critères accompagnés de cases dans lesquelles on peut indiquer s'ils se manifestent (ou non) ou d'une échelle qui permet de les évaluer [26, pp. 136-137].

L'analyse du corpus vise à vérifier, pour chaque niveau, les difficultés liées aux connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles. En effet, pour considérer les difficultés liées à un type de connaissance comme confirmées, il est nécessaire que 50% des indicateurs correspondants soient validés. Un indicateur est validé s'il obtient un taux de confirmation d'au moins 70% auprès des élèves.

L'articulation des deux volets (quantitatif et qualitatif) offre ainsi une compréhension approfondie des enjeux liés à la résolution de problèmes chez les élèves, permettant de formuler des recommandations didactiques étayées.

En utilisant l'effet de saturation, nous avons déterminé la taille de l'échantillon pour les entretiens et l'analyse des copies. Ainsi, huit (8) enseignants ont participé à des entretiens individuels semi-structurés. Nous avons analysé un total de 180 copies.

5 Présentation des résultats

5.1 Présentation des résultats de l'analyse quantitative

Le tableau 1 présente la fréquence et le pourcentage des notes (de 0 à 10) obtenus par les élèves à l'issue du test en résolution de problèmes.

Tableau 1. Note des élèves au test de résolution de problème.

Note (sur 10)	Fréquence	Pourcentage
0	201	46,53
1	56	12,96
2	63	14,58
3	31	7,18
4	37	8,56
5	14	3,24
6	19	4,40
7	2	0,46
8	0	0
9	1	0,23
10	8	1,86
Total	432	100
Moyenne (sur 10)	1,64	

La figure 3 illustre les pourcentages d’élève dans trois catégories de performance (performance faible, performance moyenne et performance bonne).

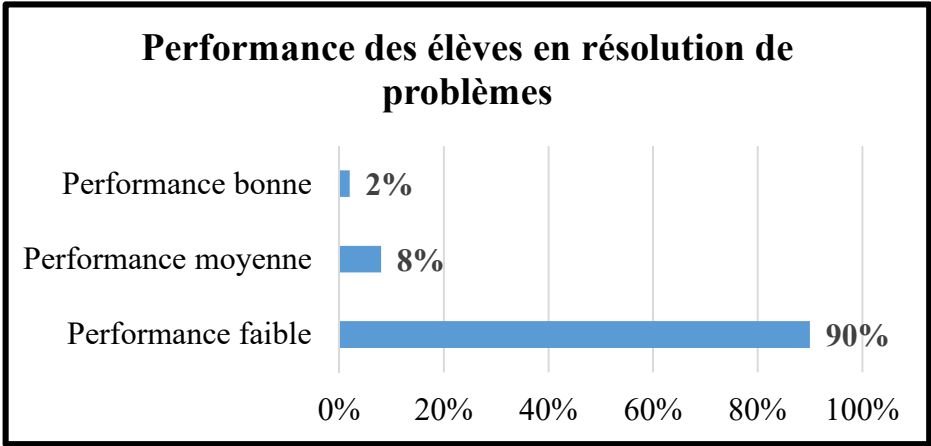


Fig. 3. Pourcentages d’élèves dans chaque catégorie de performance en résolution de problèmes.

5.2 Présentation des résultats de l’analyse qualitative

5.2.1 Résultats de l’analyse des productions écrites des élèves

L’analyse des copies des élèves a permis de déterminer les difficultés présentées dans les tableaux 2, 3 et 4.

Tableau 2. Difficultés des élèves de 2^{de} C

Types de difficultés	Critères	Pourcentage de OUI	Conclusion
Difficultés liées aux connaissances déclaratives	Maîtrise des symboles des grandeurs ?	53,3	Difficultés confirmées
	Maîtrise de la représentation du courant dans les branches d'un circuit électrique ?	42,2	
	Maîtrise de la représentation de la tension électrique aux bornes d'un appareil électrique ?	20	
	Maîtrise des unités des grandeurs électriques ?	93,3	
	Maîtrise de l'énoncé de la loi de maille ?	80	
Difficultés liées aux connaissances procédurales	Maîtrise de l'élaboration de la formule découlant d'une application de la loi de maille ?	15,6	Difficultés confirmées
	Maîtrise d'élaboration d'un plan de résolution ?	2,2	
	Maîtrise d'exécution d'un plan de résolution ?	0	
Difficultés liées aux connaissances conditionnelles	Maîtrise des contextes de la représentation du courant dans les branches d'un circuit électrique	13,3	Difficultés confirmées
	Maîtrise des contextes de la représentation de la tension électrique aux bornes d'un appareil électrique ?	28,9	
	Maîtrise des contextes d'utilisation de la loi de maille ?	53,3	

Tableau 3. Difficultés des élèves de 1^{res} C, D

Types de difficultés	Critères	Pourcentage de OUI	Conclusion
Difficultés liées aux connaissances déclaratives	Maîtrise des symboles des grandeurs ?	94,5	Difficultés confirmées
	Maîtrise de la représentation des forces ?	14,5	
	Maîtrise d'établissement du bilan des forces ?	12,7	
	Maîtrise des unités des grandeurs ?	70,9	
	Maîtrise de l'énoncé du théorème de l'énergie cinétique ?	27,3	
Difficultés liées aux connaissances procédurales	Maîtrise de l'expression du théorème de l'énergie cinétique ?	63,6	Difficultés confirmées
	Maîtrise d'élaboration d'un plan de résolution ?	12,7	
	Maîtrise d'exécution d'un plan de résolution ?	0	
Difficultés liées aux connaissances conditionnelles	Maîtrise des contextes de la représentation des forces ?	25,5	Difficultés confirmées
	Maîtrise des contextes d'établissement du bilan des forces ?	14,5	
	Maîtrise des contextes d'utilisation du théorème de l'énergie cinétique ?	40	

5.2.2 Résultats de l'analyse des entretiens avec les enseignants

L'analyse des transcriptions des entretiens menés avec les enseignants soulignent quelques difficultés que leurs élèves rencontrent en résolution de problèmes de physique. Ces difficultés sont : la non maîtrise de la langue française, le manque de révision de cours, les difficultés en mathématiques, la mauvaise lecture de l'énoncé, la non application d'un modèle de résolution, la non compréhension de la tâche demandée, le manque de concentration, le manque d'entraînement et la non compréhension de cours.

Tableau 4. Difficultés des élèves de TD & TC

Types de difficultés	Critères	Pourcentage de OUI	Conclusion
Difficultés liées aux connaissances déclaratives	Maîtrise du caractère de propagation d'une vibration ?	77,5	Difficultés non confirmées
	Maîtrise de la notion de phase initiale ?	80	
Difficultés liées aux connaissances procédurales	Maîtrise de l'équation d'une vibration à la source ?	55	Difficultés confirmées
	Maîtrise de l'équation d'une vibration en un point distant de la source ?	31,3	
	Maîtrise d'élaboration d'un plan de résolution ?	42,5	
	Maîtrise d'exécution d'un plan de résolution ?	11,3	
Difficultés liées aux connaissances conditionnelles	Maîtrise des contextes d'utilisation du caractère de propagation d'une vibration ?	72,5	Difficultés confirmées
	Maîtrise des contextes d'utilisation d'un tableau de valeurs en vue d'une représentation graphique ?	51,2	

6 Discussion

Cette étude a déterminé les performances et les difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique au second cycle du secondaire. Les résultats prouvent que 90%, 8% et 2% des élèves ont respectivement les performances faible, moyenne et bonne en résolution de problèmes. Les mauvaises performances sont dues aux difficultés liées aux connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles. Elles s'expliquent également par la non maîtrise de la langue française, le manque de révision de cours, les difficultés en mathématiques, la mauvaise lecture de l'énoncé, la non application d'un modèle de résolution, la non compréhension de la tâche demandée, le manque de concentration, le manque d'entraînement et la non compréhension de cours. Ouasri [4-6] et Ouasri et Ravanis [8] ont identifié d'autres difficultés chez des élèves en résolution de problèmes : manque de stratégies et reflexes, manque de représentation mentale (non compréhension du problème), manque de prérequis, insuffisances d'engagement et de persévérance.

En effet, si un élève ne maîtrise pas les connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles, il est certain que sa performance soit faible en résolution de problèmes. Par exemple, pour résoudre un problème de mécanique nécessitant l'application du théorème de l'énergie cinétique, il est indispensable pour l'élève :

- D'abord, de savoir que c'est le théorème de l'énergie cinétique qu'il faut appliquer (connaissances conditionnelles) ;
- Ensuite, il doit savoir ce que dit ce théorème, plus explicitement il doit savoir l'énoncer (connaissances déclaratives) ;
- Enfin, il doit aussi savoir comment l'appliquer pour répondre à la tâche demandée. De façon plus précise, il doit savoir écrire l'expression mathématique de ce théorème (connaissances procédurales).

À défaut de chacune de ces trois conditions, l'élève ne peut résoudre le problème. Il ne peut donc pas avoir une bonne performance. Dans cette étude, comme dans celles de Ouasri [4-7] et de Ouasri et Ravanis [8] les élèves maîtrisent mieux les connaissances déclaratives que celles procédurales. Pour Ouasri [5], les élèves ont plus réussi en tâches nécessitant les connaissances procédurales que celles nécessitant les connaissances déclaratives. Cette contradiction s'explique par le choix des indicateurs des types de connaissances. Pour quelques indicateurs, il est possible que les élèves maîtrisent mieux les connaissances procédurales que les connaissances déclaratives. Par exemple dans la présente étude, beaucoup d'élèves sont capables de donner l'expression du théorème de l'énergie cinétique mais incapables de l'énoncer. Cela s'explique par le fait qu'ils n'ont pas compris ledit théorème. Il est donc plus facile pour eux de retenir une formule mathématique qu'un énoncé sachant qu'ils ont des difficultés à s'exprimer en langue française. Cependant cela n'est qu'un cas particulier. En général, pour les autres indicateurs, ils maîtrisent mieux les connaissances déclaratives que les connaissances procédurales.

Plus de 46% des élèves soumis à cette étude n'ont même pas pu aborder les problèmes lors des tests. Ces derniers ont eu la note zéro sur dix (0/10). La principale raison est l'absence ou l'insuffisance des connaissances conditionnelles, procédurales et déclaratives. Cette absence ou insuffisance signifie la non compréhension de cours. Les enseignants portent en partie la responsabilité de ces performances médiocres. Ils doivent insister sur la maîtrise des stratégies cognitives et métacognitives ainsi que les trois types de connaissances conformément aux deux derniers principes de la psychologie cognitive. Toutefois, même si ces connaissances sont maîtrisées pendant le cours, leur non révision peut causer la mauvaise performance de l'élève. Selon l'enseignant E1, « bon nombre des élèves ne révisent même pas avant de venir.... Donc, un élève qui ne révise pas la leçon qu'on lui a faite, donc c'est évident que, il ne peut pas être en mesure de résoudre un exercice ». De cette même façon, la non maîtrise de la langue française, les difficultés en mathématiques, la mauvaise lecture de l'énoncé, la non application d'un modèle de résolution, la non compréhension de la tâche demandée, le manque de concentration, le manque d'entraînement défavorisent l'obtention d'une bonne performance en résolution de problème.

L'enseignant E6 s'exprime en ces mots : « ... les élèves ... ont d'énormes problèmes en mathématiques et surtout en français ». En fait, les difficultés en mathématiques constituent un handicap pour les connaissances procédurales car certains élèves maîtrisent les connaissances conditionnelles et déclaratives mais sont incapables de résoudre entièrement un problème. Par exemple, dans la formule suivante certains élèves du niveau 1re sont incapables de tirer correctement la vitesse v_B .

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = -\ell(f + f') \quad (3)$$

L'insuffisance de compétences en mathématiques est la principale cause de la non maîtrise de l'exécution d'un plan de résolution. Par exemple la non maîtrise des fonctions circulaires en niveau terminale est un obstacle pour résoudre les problèmes sur la propagation d'un mouvement vibratoire.

La présente étude a montré que les élèves ont de faibles performances en résolution de problèmes. Elle a aussi identifié des difficultés auxquelles sont confrontés les élèves en résolution de problèmes. L'insistance sur la maîtrise des connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles ainsi que l'utilisation des heuristiques comme le chaînage en avant et le chaînage en arrière contribuent à pallier ces difficultés.

Bien que les explications de l'élève résolvant un problème produisent des indices importants concernant ses difficultés, cette étude n'inclut pas cette méthodologie contrairement à l'étude expérimentale de Hanin et Van Nieuwenhoven [27].

7 Conclusion

La résolution de problèmes de physique au second cycle du secondaire représente un défi important pour les élèves. Cette étude a permis d'analyser en détail leurs performances et leurs difficultés dans cette activité. Les résultats montrent que 90% des élèves ont de faibles performances en résolution de problèmes de physique.

En effet, les élèves ne semblent pas suffisamment préparés à faire face à ces problèmes, nécessitant l'utilisation de connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles. Au-delà d'un manque dans ces trois types de connaissances essentielles pour la résolution de problèmes, les élèves rencontrent également des difficultés en français et en mathématiques. De plus, ils manquent souvent de concentration et d'entraînement régulier à cette activité. Pour améliorer les performances des élèves, les enseignants devraient donc mettre l'accent sur le développement approfondi des connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles en physique. Ils devraient également initier les élèves aux principales stratégies de résolution de problèmes, comme le chaînage avant et le chaînage arrière. Un renforcement sur les compétences transversales en français et mathématiques serait également bénéfique. Enfin, une pratique régulière et encadrée de la résolution de problèmes permettrait aux élèves de progresser de manière significative dans cette activité complexe mais essentielle.

Références

1. J. M. Boilevin, *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants: regards didactiques*, (De Boeck Supérieur, 2013)
2. L. E. H. Perez, Abordaje teórico de la resolución de problemas matemáticos desde los postulados de polya. Sinopsis educativa. Revista venezolana de investigación. **20**, 318-326, (2020). https://revistas-historico.upel.edu.ve/index.php/sinopsis_educativa/article/viewFile/8649/5232
3. B. Mazouze, Des difficultés en résolution de problèmes de physique : quelles aides pour les élèves? Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair. **3**, 258-268, (2016)
4. A. Ouasri, Analyse des difficultés des élèves de deuxième année Baccalauréat marocain en résolution de problèmes de Mécanique. Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair. **2**, 39-57, (2017)
5. A. Ouasri, Analyse des difficultés des élèves marocains de 15-16 ans en résolution de problèmes de mécanique (mouvement et repos, interactions mécaniques et forces, poids et masse). Review of Science, Mathematics and ICT Education. **11**, 69-92, (2017)
6. A. Ouasri, Analyse des connaissances des élèves de troisième année du collège marocain en activités de résolution de problèmes de l'électricité (loi d'ohm, puissance électrique, énergie électrique). European Journal of Education Studies. (2017)
7. A. Ouasri, A study of Moroccan pupils' difficulties at second Baccalaureat year in solving chemistry problems relating to the reactivity of ethanoate ions and to copper-aluminium cells. Chemistry Education Research and Practice. **18**, 737-748, (2017)
8. A. Ouasri, K. Ravanis, Analyse des compétences des élèves de tronc commun marocain en résolution de problèmes d'électricité (dipôles actif et passif). European Journal of Education Studies. **3**, 11, (2017)
9. V. Freiman and A. Savard, Résolution de problèmes en mathématiques. Éducation et francophonie, **42**, 1-6, (2014)

10. C. Houdement; Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire, **100**, (2017).
11. J. Tardif, Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive, (Les éditions logiques, 1997)
12. M.M. Torres, La relation gestes-parole dans la planification de la résolution du problème de la Tour de Hanoï chez des enfants, adolescents et adultes colombiens. Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II. (2014).
13. A. Ouasri, L'apprentissage en résolution de problèmes : acquisition des connaissances et des compétences, (Le livre en papier, 2022)
14. G. Polya, How to solve it: A new aspect of mathematical method (second edition), (Princeton university press, 1957)
15. A. L. Dupays, Apprentissage en résolution de problèmes : influence du mode d'instruction. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté. (2011). https://theses.hal.science/tel-00718869/file/these_-_A_DUPAYS_Aurore_2011.pdf.
16. R.D.S. Neves, Psychologie cognitive, (Armand Colin, 2011)
17. L. Leger, Manuel de psychologie, (Dunod, 2016)
18. A. Bandura, Auto-efficacité : le sentiment d'efficacité personnelle, (De Boeck, 2007)
19. T. Gok, The general assessment of problem solving processes and metacognition in physics education. International Journal of Physics & Chemistry Education. **2**, 110-122, (2010). <https://www.ijpce.org/index.php/IJPCE/article/download/186/151>
20. D. Anderson, S. Nashon, Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program, Science Education. **91**, 298-320, (2007). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.20176>
21. A. M. Doly, La métacognition : de sa définition par la psychologie à sa mise en œuvre à l'école, in Apprendre et comprendre : place et rôle de la métacognition dans l'aide spécialisée, T. Auzou-Caillement, N. Juhel, and M. Loret, Eds, (Retz, 2016)
22. C. A. Shoniregun, B. A. Parton, G. A. Akmayeva, T. Simon Adje, Foreword by mathematical problem-solving strategies that enhance metacognitive skills for grade 10 learners, Education Policy and Leadership. **1**, (2022).
23. K. Kögler, A. Rausch, H. Niegemann, Interpretierbarkeit von Logdaten in computerbasierten Kompetenztests mit großen Handlungsräumen, 2020. https://www.researchgate.net/publication/344161259_Interpretierbarkeit_von_Logdaten_in_computerbasierten_Kompetenztests_mit_grossen_Handlungsraumen R. V.
24. B. A. Coulibaly, S. Madougou, I. Chekaraou, Effet des structures des problèmes proposés par les enseignants sur les performances des élèves en résolution de problèmes de physique. Lakisa, Revue des Sciences de l'Éducation. **4**, 457-470, (2024). <http://www.lakisa.larsced.cg/index.php/lakisa/article/download/213/148>
25. Krejcie, D. W. Morgan, Determining sample size for research activities, Educational and Psychological Measurement. **30**, 607-610, (1970)
26. M. Thouin, Réaliser une recherche en didactique, (Éditions MultiMondes, 2014)
27. V. Hanin, C. Van Nieuwenhoven, Rôle des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes : une étude de cas, Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et formation. **5**, 87-111, (2019). <https://journal.admee.org/index.php/ejref/article/view/182>