



Problématique de l'enseignement de physique en classe de quatrième année scientifique : cas de la section mécanique dans les écoles de la section scientifique sélectionnées en ville de Beni

Justin Salamu Kyungulo¹

Résumé

Cette étude s'intéresse à la problématique de l'enseignement de la physique, en particulier de la scientifique option mécanique, en classe de 4^e année dans la ville de Beni. L'objectif était d'identifier les difficultés rencontrées dans la transmission et l'apprentissage de ce cours, et d'analyser le rôle des mathématiques dans la compréhension des notions physiques. La recherche a adopté une approche descriptive et analytique, menée auprès d'un échantillon de 20 enseignants de mathématiques et de physique, répartis dans dix établissements secondaires. Les résultats montrent que plus de 90 % des enseignants considèrent la physique comme fortement mathématisée. Les principales difficultés identifiées concernent le manque de maîtrise des notions mathématiques (équations, dérivées, intégrales), le décalage entre les programmes de mathématiques et de physique, l'absence de laboratoires et de matériel didactique, ainsi que la sous-qualification des enseignants. Ces facteurs contribuent à la perception de la physique comme un cours difficile et abstrait. La recherche recommande une meilleure harmonisation des programmes, le renforcement de la collaboration entre enseignants, l'équipement des écoles en infrastructures adaptées, et l'adoption de méthodes pédagogiques actives pour améliorer la qualité de l'enseignement scientifique.

Mots-clés : Enseignement de la physique, Mécanique, Mathématiques, Difficultés d'apprentissage, Harmonisation des programmes, Enseignement secondaire, Beni.

Abstract

This study focuses on the challenges of teaching physics, particularly in the scientific option of mechanics, in the 4th year of secondary school in the city of Beni. The objective was to identify the difficulties encountered in teaching and learning this subject, and to analyze the role of mathematics in understanding physical concepts. The research adopted a descriptive and analytical approach, conducted with a sample of 20 mathematics and physics teachers from ten secondary schools. The results show that more than 90% of the teachers consider physics to be highly mathematized. The main difficulties identified include a lack of mastery of mathematical concepts (equations, derivatives, integrals), the gap between mathematics and physics curricula, the absence of laboratories and teaching materials, as well as the under-qualification of teachers. These factors contribute to the perception of physics as a difficult and abstract subject. The study recommends better harmonization of curricula, strengthened collaboration among teachers, the provision of schools with appropriate infrastructures, and the adoption of active teaching methods to improve the quality of science education.

Keywords: Physics teaching, Mechanics, Mathematics, Learning difficulties, Curriculum harmonization, Secondary education, Beni.

¹ Enseignant et Chef de département de Mathématique à l'Institut Supérieur Pédagogique de Beni, et enseignant à Open Learning University Beni, <salamukyungulo1@gmail.com>

Introduction

L'enseignement des sciences physiques, en particulier au niveau secondaire, occupe une place centrale dans la formation scientifique des élèves. En République Démocratique du Congo (RDC), comme ailleurs, la physique figure parmi les disciplines de base pour les sections scientifiques et techniques, car elle prépare non seulement aux épreuves de l'Examen d'État, mais constitue également un socle essentiel pour les études universitaires en sciences appliquées et en ingénierie (Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique [EPST], 2020). Toutefois, l'expérience quotidienne des enseignants et l'analyse des performances des apprenants révèlent que l'enseignement de la physique en 4^e année scientifique demeure marqué par de nombreuses difficultés pédagogiques et didactiques, particulièrement dans le domaine de la mécanique.

La physique, en tant que science expérimentale et mathématisée, nécessite une solide maîtrise des outils mathématiques pour comprendre, démontrer et appliquer les lois fondamentales. Plusieurs études soulignent que l'apprentissage de la physique est intimement lié à celui des mathématiques, ces dernières servant de langage de formalisation et de modélisation des phénomènes naturels (Redish, 2005 ; Halloun, 2007). En effet, les concepts de dérivée, d'intégrale, de fonctions quadratiques ou trigonométriques constituent des prérequis incontournables pour l'étude des mouvements rectilignes, circulaires ou balistiques. L'absence de maîtrise de ces notions chez les élèves ou leur enseignement différé dans le programme de mathématiques compromet directement la compréhension des chapitres de mécanique (Ngoma, 2018).

Du côté des enseignants, les difficultés résident souvent dans l'articulation entre les deux disciplines. Comme le relève Gagné (1965), l'apprentissage repose sur des acquis antérieurs qui conditionnent la construction de nouvelles connaissances. Or, dans la pratique, de nombreux enseignants de physique rencontrent des obstacles liés au fait que les notions mathématiques nécessaires au début de l'année scolaire n'ont pas encore été abordées par leurs collègues de mathématiques. Cette absence de synchronisation des programmes limite les possibilités d'une transmission efficace et cohérente des savoirs.

Du côté des apprenants, les problèmes s'observent à plusieurs niveaux : incompréhension des symboles et formules, manque de maîtrise du vocabulaire scientifique, difficultés à traduire un problème physique en équations mathématiques, ou encore incapacité à manipuler des outils analytiques comme les dérivées ou les vecteurs (Dheib, 2009 ; Gérard & Coutinho, 2001). Ces lacunes engendrent une démotivation, une perception de la physique comme discipline « difficile », et une baisse du rendement scolaire.

Ce constat met en lumière une problématique plus large : comment améliorer l'enseignement de la physique en 4^e année scientifique, en particulier la mécanique, afin de réduire les difficultés d'apprentissage liées à l'insuffisance ou au décalage des acquis mathématiques ? Cette question interpelle non seulement les enseignants de physique, mais aussi ceux de mathématiques, ainsi que les concepteurs des programmes scolaires. Elle pose la nécessité d'une meilleure harmonisation interdisciplinaire et d'une approche pédagogique adaptée aux besoins réels des élèves (Countinbo, 2001).

Ainsi, cette recherche s'inscrit dans une perspective didactique et pédagogique visant à identifier, analyser et proposer des pistes de solutions aux difficultés rencontrées dans l'enseignement et l'apprentissage de la physique en classe de 4^e année scientifique. L'accent est mis sur l'importance des mathématiques comme outil de compréhension et sur la responsabilité partagée des enseignants pour créer un cadre cohérent et intégré. En mettant en évidence les causes de ces difficultés et en proposant des stratégies adaptées, ce travail espère contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement scientifique et à la réussite scolaire des élèves dans les classes terminales de la section scientifique.

Revue de littérature

Physique scolaire, mécanique et nature de la connaissance

La physique scolaire, et plus spécifiquement la mécanique, constitue un domaine fortement expérimental et mathématisé : les phénomènes observés (mouvements, forces, énergie) sont décrits par des modèles exprimés en langage mathématique, puis validés par des expériences (Halloun, 2007; Redish, 2005). En mécanique de 4^e année scientifique, les noyaux conceptuels sont la cinématique (positions, vitesses, accélérations), la dynamique (lois de Newton, forces, quantité de mouvement), la statique et les mouvements particuliers (rectiligne uniforme/accélééré, circulaire, balistique). La compréhension conceptuelle suppose d'articuler trois registres : le monde physique (situations réelles), les représentations (schémas, graphiques, vecteurs) et les formalisations mathématiques (équations, dérivées, intégrales) (Ainsworth, 2006).

Rôle structurant des mathématiques en physique (mathématisation)

La mathématisation est le processus par lequel une situation physique est modélisée à l'aide d'outils mathématiques pour en tirer des prédictions. En mécanique, cela mobilise les fonctions (linéaires, quadratiques, trigonométriques), la géométrie vectorielle (norme, somme, produit scalaire et vectoriel), ainsi que l'analyse (limites, dérivées, intégrales) pour établir ou exploiter des relations du type $v(t)=dx/dt$ ou $a(t)=dv/dt$ (Redish, 2005). Des recherches confirment que les élèves insuffisamment préparés mathématiquement peinent à traduire un énoncé en équations pertinentes et à interpréter les solutions obtenues (Meltzer, 2002; Kuo, Hull, Gupta, & Elby, 2013).

Obstacles d'apprentissage et conceptions initiales

Les difficultés en mécanique ne relèvent pas seulement d'un déficit de calcul mais aussi de conceptions initiales robustes (p. ex., « une force est nécessaire pour maintenir un mouvement ») qui résistent à l'enseignement (Halloun & Hestenes, 1985). Les approches de changement conceptuel (Chi, 1994) et la théorie « knowledge-in-pieces » (diSessa, 1993) montrent que les apprenants mobilisent des « fragments » de connaissances qu'il faut réorganiser. La charge cognitive (Sweller, 1988) augmente lorsque l'élève doit manipuler simultanément symboles, schémas et calculs.

Compétence représentationnelle (graphes, schémas, vecteurs)

La réussite en mécanique dépend de la maîtrise des représentations : lecture et construction de graphes $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$, usage des diagrammes de forces, représentation et composition vectorielle (Ainsworth, 2006). Des études révèlent que les élèves confondent souvent la pente et la valeur d'un graphe (Beichner, 1994).

Résolution de problèmes et modélisation

La résolution de problèmes exige d'identifier les principes pertinents, de modéliser (idéalisation, choix du système, forces en jeu), d'implémenter des outils mathématiques et d'évaluer la cohérence des résultats (Docktor & Mestre, 2014; Reif, 1995). Les approches comme Modeling Instruction (Hestenes, 1987) favorisent un apprentissage actif et une meilleure compréhension.

Didactique, PCK et alignement curriculaire

L'efficacité de l'enseignement dépend du *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*, soit la capacité de l'enseignant à transformer un contenu difficile en expériences accessibles

(Shulman, 1986). Une meilleure coordination interdisciplinaire math/physique et un alignement constructif entre objectifs, activités et évaluations (Biggs, 1996) sont décisifs.

Évaluation formative et pédagogies actives

Les recherches démontrent que l'évaluation formative et les pédagogies actives (peer instruction, simulations, travaux dirigés guidés) améliorent l'apprentissage (Hake, 1998; Black & Wilam, 1998). L'usage de simulations comme PhET aide à visualiser les relations mathématiques-physiques (Wieman, Perkins, & Adams, 2008).

Méthodologie

Cette recherche adopte une approche descriptive et analytique, centrée sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage de la physique (mécanique) en 4^e année scientifique.

La population ciblée est composée de 50 enseignants de mathématiques ou de physique issus de dix établissements secondaires de la ville de Beni., en République Démocratique du Congo. Un échantillon raisonné de 20 enseignants a été retenu pour représenter les écoles et permettre une collecte de données.

L'enquête a été réalisée dans trois communes de Beni : Bungulu, Beu et Mulekera, zones regroupant la majorité des établissements scientifiques. Deux outils ont été utilisés :

- Entretien semi-directif, permettant de saisir les perceptions et expériences des enseignants.
- Questionnaire structuré, composé de questions fermées (Oui/Non) pour quantifier les difficultés rencontrées et faciliter l'analyse statistique.

Les réponses aux questionnaires ont été traitées sous forme de fréquences et pourcentages, tandis que les données issues des entretiens ont fait l'objet d'une analyse thématique de contenu.

La recherche a respecté les principes de consentement éclairé, de confidentialité et de neutralité, afin de garantir la validité et l'intégrité des résultats.

Résultats

Confirmation des considérations sur le cours de Physique

Les résultats de l'enquête menée auprès des enseignants de physique et de mathématiques dans dix établissements secondaires de la ville de Beni confirment largement les hypothèses formulées au départ. Sur un échantillon de 20 enseignants interrogés, **plus de 90 %** ont affirmé que l'enseignement du cours de physique en 4^e année scientifique est indissociable de la maîtrise des mathématiques. Cette forte proportion montre que les difficultés rencontrées par les élèves ne peuvent être comprises sans prendre en compte le rôle structurant des notions mathématiques dans l'appropriation des concepts de mécanique. Ainsi, la première hypothèse selon laquelle les mathématiques constituent un préalable à l'enseignement de la physique est confirmée, de même que celle liant les obstacles d'apprentissage au décalage entre les deux disciplines.

Difficultés majeures identifiées

Difficultés liées aux mathématiques

Les données issues du questionnaire révèlent que la quasi-totalité des enseignants (100 % à la question 1) considèrent que la physique est fortement dépendante des mathématiques. Par ailleurs, 70 % des répondants estiment que le manque de maîtrise des notions de base, comme les équations du premier et du second degré, constitue un obstacle majeur pour les élèves. De plus, 80 % des enseignants soulignent que l'incapacité des apprenants à manipuler

les notions de dérivées et d'intégrales entrave sérieusement la compréhension de chapitres essentiels tels que la cinématique et la dynamique.

Ces difficultés se traduisent concrètement dans l'enseignement des équations horaires du mouvement rectiligne uniformément varié, dans le calcul de la vitesse moyenne à l'aide de la notion de limite, ou encore dans la démonstration de la loi fondamentale de la dynamique ($F = m \cdot a$ à partir de la variation de la quantité de mouvement ($P = m \cdot v$). Ces résultats confirment que les lacunes en mathématiques ne sont pas périphériques, mais constituent le noyau des obstacles rencontrés dans l'apprentissage de la mécanique.

Absence d'harmonisation des programmes

L'enquête met également en évidence un problème institutionnel : le décalage entre les programmes de mathématiques et ceux de physique. Plusieurs enseignants interrogés (65 % à la question 4) estiment que certaines notions mathématiques indispensables, telles que les dérivées et intégrales, sont introduites en cours d'année en mathématiques, alors qu'elles sont requises dès le premier trimestre en physique. Ce manque de synchronisation limite la progression logique des cours et crée des situations où l'enseignant de physique est contraint de simplifier ou de reporter certains chapitres, ce qui affaiblit la cohérence de l'enseignement.

Facteurs pédagogiques et institutionnels

Au-delà des lacunes mathématiques, d'autres difficultés structurent le paysage de l'enseignement de la physique en 4^e année scientifique. Les résultats montrent que 95 % des enseignants dénoncent l'absence de laboratoires équipés et fonctionnels, ce qui prive les élèves de la dimension expérimentale pourtant essentielle à la physique. De même, 60 % des répondants relèvent le manque de matériel didactique adapté, ce qui complique la transmission de concepts abstraits.

S'ajoute à cela la question de la qualification des enseignants : certains établissements emploient des enseignants non spécialisés en physique ou en didactique des sciences, ce qui affecte la qualité de la transmission. De plus, les enseignants signalent le non-achèvement des programmes dans les classes inférieures, tant en mathématiques qu'en physique, ce qui laisse des lacunes cumulatives chez les élèves. Enfin, le désintéressement croissant des apprenants vis-à-vis du cours de physique est mentionné par 55 % des enseignants, ceux-ci soulignant que les élèves perçoivent la matière comme difficile, abstraite et éloignée de leur réalité quotidienne.

Importance des branches mathématiques dans la mécanique

Les résultats issus de l'analyse des programmes scolaires démontrent que chaque chapitre de mécanique mobilise des notions spécifiques relevant d'au moins une branche des mathématiques.

- *Analyse et algèbre* : Les équations du premier et du second degré, les limites, les dérivées, les différentielles et les intégrales apparaissent dans la quasi-totalité des chapitres, notamment dans l'étude des mouvements rectilignes, la cinématique et la dynamique. Ces notions sont nécessaires pour définir les équations horaires de l'espace et de la vitesse, ainsi que pour démontrer la loi fondamentale de la dynamique.
- *Trigonométrie* : Les fonctions sinus et cosinus interviennent dans le mouvement circulaire uniforme, le mouvement sinusoïdal et le mouvement balistique. Elles apparaissent également dans des applications concrètes telles que le plan incliné, la machine d'Atwood et les rotations combinées.
- *Géométrie vectorielle* : Les grandeurs physiques telles que la force, la vitesse, l'accélération et la quantité de mouvement étant vectorielles, leur compréhension repose sur des notions comme la norme d'un vecteur, le produit scalaire et le produit

vectorel. La notion de repère ou de référentiel est également fondamentale pour l'étude des trajectoires et des systèmes en mouvement.

Ces constats confirment que l'enseignement de la mécanique repose sur une interaction permanente entre physique et mathématiques, rendant indispensable la maîtrise de ces notions pour garantir une progression efficace.

Analyse synthétique

En résumé, les résultats mettent en lumière une triple problématique :

- *Cognitive*, liée au manque de maîtrise des notions mathématiques et à la difficulté d'assimiler le langage scientifique.
- *Didactique*, découlant de l'absence d'harmonisation entre les programmes de mathématiques et de physique et du manque de coordination entre enseignants.
- *Institutionnelle*, marquée par l'absence de laboratoires, le déficit de matériel didactique, la sous-qualification de certains enseignants et l'inachèvement des programmes dans les classes inférieures.

L'ensemble de ces facteurs explique la perception dominante de la physique comme un cours difficile, « purement mathématique », et confirme la nécessité d'une *réforme pédagogique et curriculaire*, visant à renforcer la coordination interdisciplinaire et à améliorer les conditions matérielles et humaines d'enseignement.

Discussion

Les résultats de cette recherche confirment que l'enseignement de la physique en classe de 4^e année scientifique est fortement dépendant des mathématiques. Cette dépendance, soulignée par plus de 90 % des enseignants interrogés, rejoint les conclusions de Redish (2005) et Halloun (2007) qui affirment que la physique est un langage mathématisé nécessitant une solide maîtrise des outils algébriques, trigonométriques et analytiques. Dans le contexte de Beni, cette dépendance se traduit par des difficultés majeures dès que les élèves ne disposent pas des prérequis mathématiques nécessaires, notamment les équations, les dérivées et les intégrales.

L'absence d'harmonisation des programmes de physique et de mathématiques apparaît comme un facteur aggravant. Ce constat est en accord avec Gérard et Coutinho (2001), qui ont montré que l'efficacité de l'enseignement scientifique repose sur la cohérence curriculaire entre disciplines connexes. Lorsque les notions de mathématiques sont enseignées après leur utilisation en physique, les enseignants sont contraints de simplifier les contenus, ce qui appauvrit l'apprentissage. Cette situation contribue à la perception de la physique comme un cours difficile, rejoignant les observations de Dheib (2009) sur l'importance d'une planification didactique intégrée.

D'autres obstacles identifiés dans cette étude, tels que le manque de laboratoires, l'insuffisance de matériel didactique, la sous-qualification des enseignants et le désintéressement des élèves, confirment les analyses de Coutinho (2001) et Hake (1998). Ces auteurs soutiennent que les sciences physiques doivent être enseignées dans un cadre expérimental et interactif pour susciter l'intérêt des apprenants. Or, l'absence d'infrastructures et de pratiques pédagogiques actives rend le cours abstrait et peu motivant, ce qui explique le faible engagement observé chez les élèves.

Enfin, les difficultés d'ordre cognitif liées au langage scientifique rejoignent les travaux de Halloun et Hestenes (1985), qui ont montré que les conceptions initiales erronées des élèves constituent un obstacle persistant à la compréhension des lois de la mécanique. Dans le contexte étudié, ces conceptions sont renforcées par l'absence d'expérimentations pratiques et par un enseignement trop centré sur la théorie mathématique.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'analyser les difficultés rencontrées dans l'enseignement de la physique, en particulier la mécanique, en classe de 4^e année scientifique dans la ville de Beni. Les résultats obtenus confirment que :

- L'enseignement de la physique est fortement conditionné par la maîtrise des mathématiques, avec des blocages majeurs liés aux équations, dérivées, intégrales et fonctions trigonométriques.
- Le décalage entre les programmes de mathématiques et de physique constitue une contrainte didactique importante, compromettant la progression des cours.
- Les difficultés d'apprentissage sont accentuées par des facteurs institutionnels et pédagogiques, notamment le manque de laboratoires, de matériel didactique et de formation spécialisée des enseignants.
- La perception de la physique comme un cours abstrait et difficile renforce le désintéressement des élèves et limite leurs performances scolaires.

Ces constats démontrent que la problématique de l'enseignement de la physique ne peut être résolue sans une approche intégrée, impliquant à la fois les enseignants, les concepteurs de programmes et les décideurs éducatifs. À la lumière des résultats et de la discussion, plusieurs recommandations sont formulées :

Sur le plan curriculaire

- Harmoniser les programmes de physique et de mathématiques afin que les notions nécessaires soient enseignées de manière parallèle ou préalable.
- Introduire une approche spiralaire des contenus permettant de réviser et approfondir progressivement les notions mathématiques utiles en physique.

Sur le plan pédagogique

- Renforcer la collaboration entre enseignants de mathématiques et de physique à travers des cellules pédagogiques régulières.
- Encourager l'usage de méthodes actives (apprentissage par problèmes, peer instruction, simulations numériques) pour rendre le cours plus interactif et motivant.
- Développer des supports pédagogiques simplifiés qui mettent en évidence le lien entre formules mathématiques et phénomènes physiques.

Sur le plan institutionnel

- Équiper les écoles de laboratoires fonctionnels et de matériel didactique adapté pour permettre une mise en pratique expérimentale des concepts de mécanique.
- Organiser des formations continues pour renforcer la compétence didactique et scientifique des enseignants.
- Sensibiliser les autorités éducatives et les partenaires au développement sur l'importance de soutenir les infrastructures scolaires et la qualité des programmes scientifiques.

Sur le plan des élèves

- Mettre en place des cours de remédiation en mathématiques pour combler les lacunes avant l'introduction des chapitres complexes de physique.
- Encourager les apprenants à utiliser des ressources numériques et des exercices supplémentaires pour développer leur autonomie dans l'étude des mathématiques et de la physique.

Références

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7–74.
- Chi, M. T. H. (1994). Barriers to conceptual change in learning science. In R. Sternberg (Ed.), *Thinking and Problem Solving* (pp. 459–484). Academic Press.
- Countinbo, G. (2001). *Problèmes didactiques de l'enseignement des sciences physiques en Afrique francophone*. Paris : L'Harmattan.
- Dheib, M. (2009). *Les obstacles à l'apprentissage des sciences : approche didactique*. Tunis : Université de Tunis.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review ST—Physics Education Research*, 10(2), 020119.
- Gagné, R. (1965). *The Conditions of Learning*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Gérard, F., & Coutinho, R. (2001). *Didactique de la physique et difficultés d'apprentissage des élèves*. Bruxelles : De Boeck.
- Halloun, I. A. (2007). *Modeling Theory in Science Education*. Springer.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043–1055.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440–454.
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.
- Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique [EPST]. (2020). *Programme national de l'enseignement secondaire scientifique*. Kinshasa : EPST.
- Ngoma, J. P. (2018). *Analyse des obstacles à l'enseignement de la mécanique en RDC*. Revue congolaise de pédagogie scientifique, 12(2), 45-63.
- Redish, E. F. (2005). Problem solving and the use of math in physics courses. *American Journal of Physics*, 73(5), 1–14.
- Reif, F. (1995). *Understanding Basic Mechanics*. Wiley.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Wieman, C., Perkins, K., & Adams, W. (2008). Interactive simulations for teaching physics. *American Journal of Physics*, 76(4–5), 393–399.