

Analyses Des Représentations Des Apprenants De Tronc Commun Marocain En Interactions Mécaniques (3ème Loi De Newton) - Cas De La Direction Provinciale De L'éducation Nationale De Settat -

Naoual Nasser,

(Professeur de l'enseignement secondaire qualifiant)
Laboratoire Ingénierie didactique et dynamique des systèmes,
Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan 1er, Settat, Maroc
Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation Casablanca
Settat, Annexe de Settat, Settat, Maroc

Mustapha El Khouzai,

(Professeur de l'enseignement supérieur)
Laboratoire Ingénierie didactique et dynamique des systèmes,
Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan 1er, Settat, Maroc

Mohamed Taoufik,

(Professeur de l'enseignement supérieur assistant)
Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation Casablanca
Settat, Annexe de Settat, Settat, Maroc

Doi: 10.19044/esj.2018.v14n36p159 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p159](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p159)

Abstract

The purpose of this study is to analyze the misconceptions encountered in mechanics by the Moroccan students, aged 14-16, particularly the common core, the first year of Moroccan high-school, and most notably that of the mechanical interactions (Newton's third law) so that teachers can take them into account in their teaching. A questionnaire is administered to students from four high schools within the Provincial Directorate of Settat, Morocco (350 students') just before the mechanical interactions course. The results show that the difficulties encountered when learning this course are due to misconceptions. Indeed, the relation between the forces and the objects on which we act is not well understood for students: they believe that the force is a property of unique objects and not a relation between objects. Also, the students' reasoning seems to be strongly influenced by the context of the proposed situation (nature of the objects, their situation and their dynamics).

Keywords: Mechanical interactions, Newton's third law, misconceptions, pupils reasoning

Résumé

Ce travail vise à analyser les préconceptions des apprenants (14-16 ans) de classes de Tronc commun, première année de secondaire qualifiant marocain (délégation de Settat), en mécanique, et plus précisément les interactions mécaniques (3^{ème} loi de Newton) pour aider les enseignants à les prendre en compte dans leur pratique en classe. Un questionnaire est administré aux apprenants de 4 établissements de la direction provinciale de Settat (Maroc) (350 apprenants) juste avant le cours des interactions mécaniques. L'analyse des résultats montre que les difficultés rencontrées lors de l'apprentissage de ce cours sont dues à des fausses représentations. En effet, la relation entre les forces et les objets sur lesquels nous agissons n'est pas bien comprise pour la majorité des apprenants: ils considèrent que la force est une propriété d'objets uniques et pas une relation entre objets. Aussi, le raisonnement des apprenants semble être fortement influencé par le contexte de la situation proposée (nature des objets, leur situation et leur dynamique).

Mots clés: Interactions mécaniques, 3^{ème} loi de Newton, représentations des apprenants, raisonnement des apprenants

Introduction

La qualité de l'éducation reste l'un des problèmes majeurs au Maroc. Les rapports, tels que ceux de *TIMSS (2015)* (*Provasnik et al., 2016*), ont toujours placé le Maroc dans le bas du classement. Les scores obtenus dans ces enquêtes confèrent au Maroc une place parmi les pays dont les apprenants ont un niveau basique en sciences et en mathématiques.

D'où la nécessité de procéder à un repérage et une analyse des obstacles de l'apprentissage qui peuvent être générés par le contenu du savoir à enseigner.

Au cours des deux décennies qui s'achèvent, plusieurs travaux de recherche en didactique de la physique ont montré que les élèves, qui reçoivent les premiers cours de mécanique et même ceux qui en ont reçu un enseignement plus approfondi, se heurtent à des difficultés lors de l'apprentissage des concepts clés de cette discipline (*El Hassouny et al., 2016 ; Maarouf et Kouhila, 2001 ; Palmer, 1997 ; Syuhendri, 2017*).

Un enseignement/apprentissage efficace, qui est un défi dans de nombreux systèmes éducatifs, dépend fortement de l'identification des sources d'obstacles chez l'apprenant. En effet, diagnostiquer les difficultés permet d'approcher l'univers conceptuel des élèves et appréhender leurs

degrés d'acquisition et d'intégration des concepts d'une discipline et agir par conséquence.

De nombreuses études ont mis en exergue une relation étroite entre ces difficultés et les propres représentations de l'apprenant, en effet, les représentations à travers lesquelles l'apprenant interprète les phénomènes du monde physique se trouvent en distance ou en contradiction avec quelques éléments des modèles scientifiques et qui pourraient constituer un obstacle à l'apprentissage (*Treagust et al, 2014 ; Mchunu et Imelda, 2013*), en plus, les élèves viennent en classe avec leurs propres représentations, ces dernières étant produites de l'histoire individuelle et sociale de l'apprenant, se trouvent en interaction continue avec le milieu socioculturel et éducatif, et elles présentent un caractère dynamique, développemental et évolutif (*Kambouri, 2011 ; Bryce et Blown, 2013; Kampeza et al., 2016*).

Le programme de physique au niveau du tronc commun assure une progression des concepts scientifiques en électricité et en mécanique acquis au collège. En effet, des nouveaux concepts sont introduit pour un meilleur approfondissement en vue de préparer l'apprenant aux 1^{ère} et 2^{ème} années du baccalauréat, une telle préparation n'est aboutie qu'avec une recherche et étude approfondie des difficultés rencontrées dans le processus apprentissage/enseignement, c'est dans ce contexte que nous menons le présent travail, qui par le biais d'un questionnaire permet d'analyser les préconceptions des apprenants pour mieux définir les obstacles rencontrés dans l'enseignement et l'apprentissage de la mécanique en l'occurrence les interactions mécaniques (3^{ème} loi de Newton) chez les élèves marocains du Tronc commun qualifiant (la seconde dans le système français).

Problématique et objectifs

Lors de notre accompagnement des professeurs stagiaires dans les mise en situation professionnelles (MSP) aux établissements scolaires, on a constaté que les apprenants du tronc commun scientifique ont énormément de difficultés dans l'acquisition des concepts scientifiques relatifs à la troisième loi de Newton, en outre, plusieurs études en sciences physiques ont démontré que les élèves sont amenés à s'approprier des concepts qui s'opposent quelquefois à leurs conceptions préalables. En effet « *l'adolescent arrive en classe de physique avec des connaissances empiriques déjà constituées* » (*Bachelard, 1938*). Un suivi individuel efficace de l'apprentissage des apprenants nécessite donc une analyse fine de leurs productions afin de repérer non seulement leurs réussites et leurs erreurs mais aussi leurs conceptions (*Delozanne et al., 2003*). On peut pour cela s'appuyer sur les études didactiques existantes détectant les conceptions des élèves mais la mise en place d'une telle analyse demande beaucoup de temps à l'enseignant. Même si le suivi individuel des raisonnements communs est important pour

développer des stratégies d'enseignement efficaces (*Dumas-Carré et al., 1992 ; Porlan et Rivero, 2001*), les professeurs n'ont donc souvent le temps pour détecter les conceptions de chaque élève (*Morrison et Lederman, 2003 ; Maroy, 2005*), pour toutes ces raisons , il nous semble primordial de mener une étude portant sur l'analyse des représentations des apprenants de Tronc Commun Marocain en interactions mécaniques (3^{ème} loi de Newton) en prenant le cas de la direction provinciale de l'éducation nationale de Settat.

Compte tenu des idées avancées ci-dessus, nous articulons notre travail autour de la question de recherche suivante :

Quelles sont les préconceptions des élèves à propos de la 3^{ème} loi Newton ? et quelle lecture peut-on faire des résultats obtenus afin d'aider les enseignants à les prendre en compte ?

L'objectif de ce travail est de déceler et d'analyser les préconceptions des apprenants, à l'aide d'un questionnaire, sur les concepts relatifs aux interactions mécaniques (3^{ème} loi de Newton) vues au collège pour aider les professeurs de l'enseignement secondaire qualifiant à les prendre en compte dans leur enseignement et enfin proposer des solutions susceptibles de surmonter les difficultés relatives à ces préconceptions.

Synthèse des travaux sur les difficultés des apprenants avec la troisième loi de Newton

L'enseignement de la mécanique se fait le plus souvent contre les conceptions erronées des élèves. D'après *Panayiotidou (2003)*, celles-ci se manifestent de façon assez massive chez des populations de culture, de nationalité et de style d'enseignement reçu très différents (France, Grande-Bretagne, États-Unis, Mexique, Australie, Belgique, Italie, Brésil, Norvège, Afrique du Sud, ...) aussi bien en début qu'en fin d'enseignement secondaire. Les raisonnements communs de certains élèves sont en effet des « *structures profondes de pensée qui fonctionnent comme des théories naïves* » (*Robardet et Guillaud, 1997*) et différents auteurs (*Clement, 1982 ; Johsua et Dupin, 1993 ; Tao et Gunstone, 1999*) ont expliqué qu'il était difficile de les faire évoluer notamment parce que ces conceptions étaient « *pertinentes dans la vie quotidienne (et encore souvent dans l'enseignement) et donc régulièrement confortées* » (*Robardet et Guillaud, 1997*).

De nombreux articles ont été publiés sur les difficultés des apprenants avec la troisième loi de Newton (*Bao et al. 2002; Kariotoglou et al. 2009; Montanero et al. 2002*). Les résultats indiquent généralement qu'après l'enseignement, la plupart des apprenants ont encore éprouvé une compréhension limitée de cette loi et du concept de force. Les études montrent aussi que ces difficultés avec cette loi semblent persister du premier cycle au deuxième cycle du secondaire.

Les apprenants pensent que les forces ne sont pas perçues comme résultant d'une interaction entre des objets. De nombreux apprenants semblent également penser en termes de « principe de dominance », qui peut prendre diverses formes en fonction des caractéristiques de la situation (*Hestenes et al. 1992*). Ces résultats indiquent, aussi, que la compréhension du concept de force par les apprenants dépend très souvent du contexte ; un apprenant peut montrer une compréhension correcte dans certains exercices impliquant le concept de force mais ne peut pas appliquer cette connaissance dans d'autres situations (*Steinberg et Sabella 1997*). De plus, la compréhension du concept de force par les apprenants dépend de la représentation (*Meltzer 2005; Nieminen et al. 2012*). En d'autres termes, les élèves peuvent être capables de reconnaître une réponse correcte dans un format à choix multiple dans une représentation verbale, mais pas, par exemple, dans une représentation vectorielle. En outre, il a été avancé que les difficultés conceptuelles liées au concept de force sont essentiellement de nature représentationnelle, car l'apprentissage du concept de force implique la génération active et la coordination des représentations pertinentes (*Huber et al. 2010*).

Toutes ces difficultés peuvent paraître surprenantes, puisqu'un énoncé de la 3^{ème} loi newton indique que « *Chaque fois qu'un objet exerce une force sur un deuxième objet, le deuxième objet exerce une force égale et opposée sur le premier* ». Cependant, un examen plus attentif de cette loi montre qu'il comporte plusieurs aspects (*Brown, 1989*) :

- Un objet ne peut pas expérimenter une force de manière isolée ni exercer une force de manière isolée.
- À tout moment, l'interaction est symétrique, c'est-à-dire que deux objets en interaction exercent la même force de force l'un sur l'autre.
- Dans une interaction, aucune force « action » ne précède l'autre force « réaction ».
- Les forces résultant d'une interaction sont toujours opposées.

Comme on peut le constater, la notion d'interaction est essentielle à la compréhension du concept de force. Par conséquent, de nombreux chercheurs recommandent d'enseigner plus efficacement le concept de force en mettant l'accent sur les forces en tant qu'interactions entre objets (*Brown 1989; Jiménez et Perales 2001; Savinainen et al. 2005*).

Méthodologie

Pour répondre à la problématique citée, nous avons utilisé dans cette étude un questionnaire comportant trois situations sur les interactions mécaniques (3^{ème} loi de newton) dans des contextes différents traitant la nature des objets (lourd ou léger), leur situation (espacé ou en contact) et leur dynamique (mobile ou statique) (*tableau 1*). Le questionnaire est validé, avant distribution, par deux professeurs de l'enseignement supérieur de la discipline

du Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation Casablanca Settat, Annexe de Settat, un inspecteur pédagogique de la discipline, un conseiller pédagogique dans la discipline et 3 enseignants de la matière physique chimie pratiquant dans l'enseignement secondaire qualifiant.

Tableau 1 : Les contextes de l'étude

Situation	Contexte	Corps A	Corps B
1	La terre et le ballon en air	La terre	Le ballon
2	Le ballon est déposé sur la terre	La terre	Le ballon
3	Un marteau frappe un clou	Le marteau	Le clou

Les situations proposées ne s'intéressent pas aux autres caractéristiques des interactions mécaniques comme le sens et la direction. Chaque situation comprend quatre questions fermées : les deux premières questions sont formulées pour savoir s'il y a des interactions entre les deux corps dans la situation proposée. Les deux dernières questions sont pour comparer l'intensité des interactions s'elles existent (*Annexe 1*).

Il a été demandé aux élèves questionnés de ne choisir qu'une seule réponse parmi celles proposées pour les trois situations. Les réponses par « oui, oui, égale, égale » confirment l'existence de la vision newtonienne chez l'apprenant (c.à.d. la 3^{ème} loi de Newton est bien comprise) et toutes autres réponses expriment des représentations erronées.

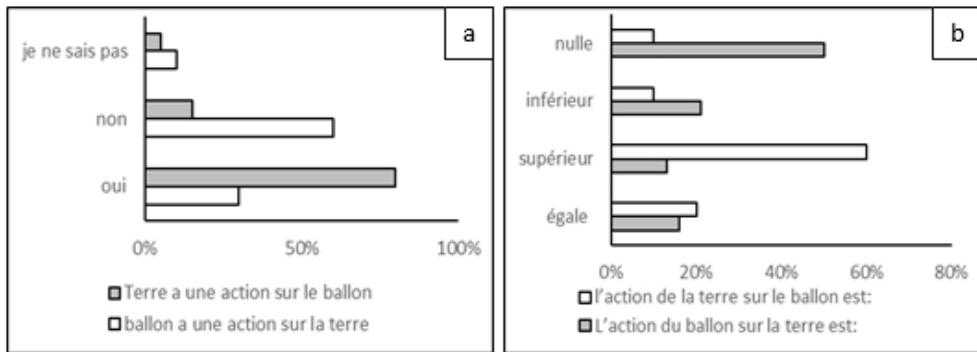
L'échantillon consistait en 350 apprenants en tronc commun scientifique, appartenant aux quatre établissements du secondaire qualifiant suivants : Achahid Allal ben Abdallah, El Qods, Ibn Alkhatib et Ouled Hriz de la direction provinciale de l'éducation nationale de Settat, avec une proportion de 50 % de filles et 50 % de garçons dont la tranche d'âge était comprise entre 14 et 16 ans. Le questionnaire a été passé juste avant le cours des interactions mécaniques durant l'année scolaire 2016-2017. Il a été accordé aux élèves une durée de 15 minutes pour répondre au questionnaire, durée estimée nécessaire et suffisante. Les données ainsi recueillies sont traitées et analysées par Excel.

Résultats

Situation 1 : la terre et le ballon en air

Le but de cette question est de connaître les conceptions des apprenants sur les interactions mécaniques entre deux corps espacés. *La figure 1a* montre les résultats suivants : 30% seulement des apprenants questionnés pensent que le ballon exerce une action sur la terre contre 80% qui pensent que la terre exerce une action sur le ballon.

Figure 1: Les représentations sur le premier contexte «*la terre et le ballon en air*»

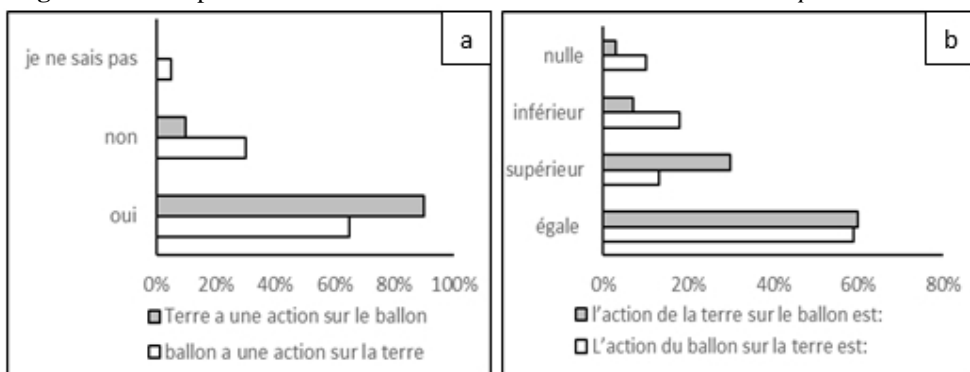


Concernant la comparaison de l'intensité des deux actions (*figure 1b*), 60% des apprenants annoncent que l'action de la terre sur le ballon est plus grande que l'action du ballon sur la terre, 50% des apprenants affirment qu'il n'y a aucune action du ballon sur la terre et seulement 20% voient que la terre et le ballon exercent les mêmes actions.

Situation 2 : le ballon est déposé sur terre

Le but de cette question est de savoir comment les apprenants conçoivent les interactions mécaniques entre deux corps en contact. *La figure 2a* montre que 90% des apprenants questionnés ont répondu que la terre exerce une action sur le ballon contre 65% qui ont répondu que le ballon exerce une action sur la terre.

Figure 2: Les représentations sur le deuxième contexte «*le ballon est déposé sur terre*»



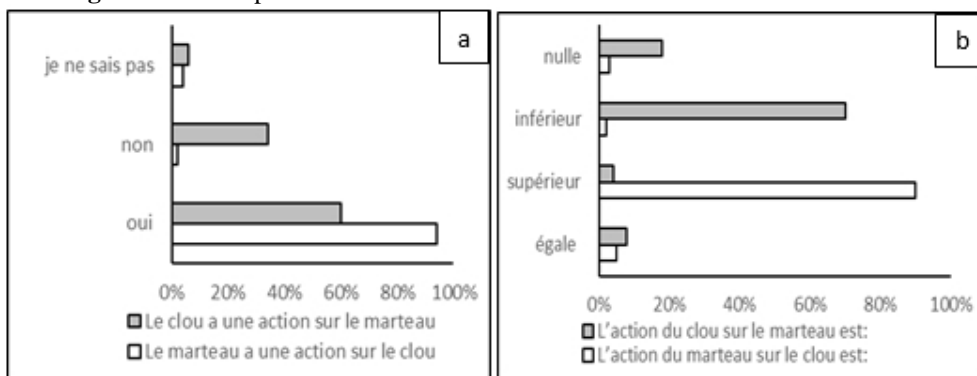
La figure 2b montre que 60% des apprenants estiment que l'intensité des deux actions est égale contre 30% d'entre eux qui estiment que l'action de la terre est supérieure de celle du ballon.

Situation 3 : le marteau frappe un clou

Le but de cette question est de connaître les conceptions des apprenants concernant les interactions mécaniques entre deux corps en mouvement. *La figure 3a* montre qu'une forte majorité des apprenants (94%) considèrent que

le marteau exerce une action sur le clou. Aussi, 90% des apprenants affirment que l'action du marteau est supérieure à celle du clou (*figure 3b*) et seulement 8% d'entre eux estiment que les deux actions sont égales.

Figure 3 : Les représentations sur le troisième contexte « le marteau et le clou »



Discussion

Nous avons essayé dans ce travail d'évaluer les conceptions des apprenants sur le concept des interactions mécaniques et plus précisément la 3^{ème} loi de Newton. Cette dernière constitue, avec ses première et deuxième loi, la base de la mécanique classique. Néanmoins, les résultats montrent qu'il y a d'idées fausses sur la troisième loi de Newton, qui prévaut chez les apprenants. Ces idées fausses proviennent du fait que la relation entre les forces et les objets sur lesquels nous agissons n'est pas bien comprise. Cette loi stipule que: « L'action est toujours égale à la réaction, c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraires ». Cet énoncé se traduit de la façon suivante, Soit A et B deux corps en interaction. Si un système A exerce une force $F_{A/B}$ sur un système B, alors le système B exerce aussi sur le système A une force $F_{B/A}$ ayant même intensité et même droite de direction mais un sens opposé. *Viennot (1982)* souligne que cette loi s'applique quel que soit le type d'interaction (de contact ou à distance) et quels que soient les mouvements des deux systèmes.

Les résultats indiquent que certains apprenants ne comprennent pas que les forces modélisant une interaction puissent être décrites par la troisième loi de Newton (*Terry et Jones, 1986*) et ils confondent les deux actions réciproques avec un bilan de forces sur un même objet (*Caldas et Saltiel, 1995 ; Brasquet, 1999*). Cela entraîne que, pour certains apprenants, les intensités des deux forces exercées par deux objets en interaction dépendent de l'évolution de ces objets : ils sont égaux s'il y a équilibre mais sinon le corps qui évolue dans le sens du mouvement exerce une force plus grande que l'autre (*Watts, 1983*). Par exemple, dans le cas du clou poussé par le marteau, 90% des élèves ont expliqué que la force exercée par le marteau sur le clou est

supérieure à la force exercée par le clou sur le marteau, c'est pour cela que le clou s'enfonce dans un objet quelconque.

Pour plus de 80% des apprenants, lors d'une interaction entre deux corps (la terre et le ballon et le marteau et le clou), une plus grande force est aussi exercée par l'objet le plus lourd (*Meltzer, 2005*), le plus rapide ou le plus grand. En effet, ces élèves caractérisent les corps partenaires dans une interaction en corps "actif" et en corps "passif". Le corps "actif" a une action sur le corps "passif" ; en revanche ; l'action du corps "passif" sur le corps "actif" est moins évidente. Par exemple, plus de 80% des apprenants estiment que l'action de la terre sur le ballon est supérieure que celle du ballon sur la terre quelque soit le contexte (en air ou en contact). Ces résultats nous permettent d'identifier trois caractéristiques du raisonnement des apprenants concernant la 3^{ème} loi de Newton :

- Vitesse : les objets plus rapides exercent une plus grande force
- Masse : les plus gros objets exercent une plus grande force
- Pousser : les objets qui poussent (plus actifs) exercent une plus grande force

Les résultats de ce travail montrent des similitudes avec d'autres travaux concernant les difficultés des élèves à comprendre la troisième loi de Newton et le concept d'interaction de force. Pour résumer, les apprenants ont du mal à comprendre que :

- Les corps inanimés peuvent exercer une force (ballon déposé sur terre) (*Hestenes et al. 1992*)
- Une interaction de force peut être développée entre des corps distants (terre et ballon en air) (*Kolokotronis and Solomonidou 2003*).
- Les corps terrestres ainsi que les corps célestes peuvent interagir avec la force gravitationnelle, par exemple ils ne peuvent pas comprendre que la Terre et le ballon sont des objets et il est donc possible d'exercer une interaction gravitationnelle entre eux (*Küçüközer 2001; Kariotoglou et al. 2005*)
- L'interaction est une relation mutuelle entre deux objets (corps A agit sur le corps B et que B agit aussi sur A) (*Küçüközer 2001*).
- L'action et la réaction ont des intensités égales, par exemple ils pensent que le corps avec la plus grande masse exerce une plus grande force (*Bao et al. 2002; Kariotoglou et al. 2009*).

Aussi, le raisonnement des apprenants semble être fortement influencé par le contexte. Les élèves peuvent donner des réponses qui correspondent à la vision scientifique dans un contexte, alors que leurs réponses peuvent être différentes de celles acceptées scientifiquement dans un autre (*Meltzer 2005; Nieminen et al. 2012 ; Huber et al. 2010*). 60% des apprenants indiquent que l'action de la terre sur le ballon est égale à l'action du ballon sur la terre dans le 2^{ème} contexte, alors que seulement 20% dans le premier contexte.

Ce travail montre que la compréhension du 3^{ème} loi de Newton semble difficile pour certains apprenants et, même s'ils savent les énoncer après enseignement, ils ne les appliquent pas toujours convenablement car ils considèrent souvent ces lois comme de simples équations qui peuvent changer de forme suivant la situation (*Ramadas et al., 1996*).

Conclusion

Les résultats de la présente étude confirment que l'apprentissage de la mécanique, en l'occurrence la troisième loi de Newton au tronc commun du secondaire qualifiant cas de la direction provinciale de l'éducation nationale de Settat, est confronté à des obstacles liés à des préconceptions erronées des concepts, en effet, les apprenants abordent les cours de la mécanique, cas de la troisième loi de Newton, avec des fausses préconceptions, et qui sont persistantes et difficile à surmonter avec les méthodes pédagogiques traditionnelles. L'analyse des résultats de notre étude confirme la véracité de l'hypothèse selon laquelle la persistance des idées préconçues portant sur la troisième loi de Newton résulte de la vision naïve des apprenants sur la force en tant que propriété d'objets uniques plutôt qu'en tant que relation entre objets.

L'enseignant doit faire des évaluations diagnostiques au début de l'année scolaire avec ses apprenants sur les concepts à étudier, pour avoir une idée sur leurs représentations pour les prendre en considération lors de la planification des cours. Aussi, l'enseignant devrait diversifier les situations problèmes et les méthodes pédagogiques pour mieux mobiliser les connaissances et les concepts de l'apprenant en vue de la construction des compétences préconisées par le programme des sciences physiques.

Aussi, les activités pédagogiques utilisées doivent favoriser les travaux pratiques comme un outil pour l'explication des problèmes scientifiques et phénomènes physiques. Certes ses solutions qui sont susceptibles de favoriser le passage des représentations empiriques des phénomènes physiques chez l'apprenant aux concepts explicites ne sont réalisables sans la mise à niveau de la qualité de l'enseignement par l'organisation des sessions de formations continues au profit des enseignants des sciences physiques.

Aussi, Ces résultats préliminaires méritent d'être approfondis. Nous envisageons des études mettant l'accent sur les pratiques enseignantes des enseignants des sciences physiques à propos de l'enseignement de la 3^{ème} loi de Newton, ainsi que de comparer l'effet de l'utilisation des Technologies de l'information et de communication (TIC). Des études en ce sens sont en cours de réalisation.

References:

1. Bachelard, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique. Paris, Vrin
2. Bao, L., Hogg, K & Zollman, D. (2002). Model analysis of fine structures of student models: an example with Newton's third law. *American Journal of Physics*, 70(7): 765–778.
3. Brasquet, M. (1999). Du côté de la recherche en didactique. Actions, interactions et schématisation. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 816 : 1220-1236.
4. Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24: 353–358.
5. Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2013). Children's concepts of the shape and size of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 35(3) : 388-446
6. Caldas, H & Saltiel, É. (1995). Le frottement cinétique : analyse des raisonnements des étudiants. *Didaskalia*, 6: 55-71.
7. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1) : 66-71.
8. Delozanne, É., Prévit, D., Grugeon, B & Jacoboni, P. (2003). Scénarios d'utilisation et conception d'un EIAH, le cas du diagnostic dans Pépite. *Colloque Intégration des Technologies à l'Enseignement des Mathématiques*, ITEM 2003, Reims, 20-23 juin 2003.
9. Dumas-Carré, A., Goffard, M. & Gil, D. (1992). Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *ASTER*, 14 : 53-76.
10. El Hassouny, E., Kaddari, F., Elachqar, A., Habibi, I & Barouaca, H. (2016). Nouvelle méthodologie basée sur trois techniques d'analyse pour le diagnostic des obstacles en mécanique au secondaire : groupe de discussion, technique du groupe nominal et le questionnaire. *Am. J. Innov. Res. Appl. Sci.*, 2(8): 353-362
11. Fleck, S & Hachet, M. (2016). Making tangible the intangible: hybridization of the real and the virtual to enhance learning of abstract phenomena. *Frontiers in ICT*, 3: 1-9.
12. Hestenes, D., Wells, M & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30: 141-157.
13. Huber, P., Russel, T & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with representational focus: pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40: 5-28.
14. Jiménez, J. D., & Perales, F. J. (2001). Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals. *Physics Education*, 36: 227–235.
15. Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris, PUF, 1999.


16. Kambouri, M. (2011). Children's misconceptions and the teaching of early years Science: a case study. *Journal of Emergent Science*, 2(2): 7-16
17. Kampeza, M., Vellopoulou, A, Fragkiadaki, G. & Ravanis, K. (2016). The expansion thermometer in preschoolers' thinking. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2): 185-193.
18. Kariotoglou, P., Spyrtou, A & Tselfes, V. (2005). Student-teachers; conceptions about gravity interaction. In: R. Pinto et D. Couso (Eds.), Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science (pp. 180–183). Barcelona, 28 August–1 September, Spain.
19. Kariotoglou, P., Spyrtou, A & Tselfes, V. (2009). How student teachers understand distance force interactions in different contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 7: 851-873.
20. Kolokotronis, D & Solomonidou, C. (2003). A step-by-step design and development of an integrated educational software to deal with empirical ideas about mechanical interaction. *Education and Information Technologies*, 8(3): 229–244.
21. Küçüközer, A. (2001). Understanding of the concept of interaction in the framework of a teaching sequence of mechanics. In D. Psillos et al. (Eds.), Proceedings of the Third International ESERA Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society Vol. II, (pp. 489–500). Thessaloniki.
22. Maarouf, A & Kouhil, M. (2001). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force. *Didaskalia*, 18: 41-59.
23. Maroy, C. (2005). Les évolutions du travail enseignant en Europe. Facteurs de changement, incidences et résistances. *Les cahiers de Recherche en Éducation et Formation*, 42 : 1-35.
24. Mchunu, S. P & Imelda, S. (2013). The alternative conceptions held by high school students in mechanics. *The International Journal of Science in Society*, 4 (1): 25-41
25. Meltzer, D.E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73 (5): 463-478.
26. Montanero, M., Suero, M. I., Perez, A. L., & Pardo, P. J. (2002). Implicit theories of static interactions between two bodies. *Physics Education*, 37: 318–323.
27. Morrison, J.A. & Lederman, N.G. (2003). Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions. *Science Education*, 87(6): 849-867.

28. Nieminen, P., Savinainen A & Viiri, J. (2012). Relations between representational consistency, conceptual understanding of the force concept, and scientific reasoning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8: 100-123.
29. Panayiotidou, M. (2003). Mécanique classique. La notion de force et les lois de Newton : les conceptions des élèves, les difficultés rencontrées. *Mémoire de DEA, Université Paris 7*.
30. Porlan Ariza, R & Rivero Garcia, A. (2001). Nature et organisation du savoir professionnel enseignant "souhaitable". *ASTER*, 32 : 221-251.
31. Provasnik S., Malley L., Stephens M., Landeros K., Perkins R & Tang J.H. Highlights From TIMSS and TIMSS Advanced 2015. National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education, Washington, November 2016.
32. Ramadas, J., Barve, S & Bhabha, H. (1996). Alternative conceptions in galilean relativity: distance, time, energy and laws. *International Journal of Science Education*, 18(4): 463-477.
33. Robardet, G. & Guillaud, J.-C. (1997). Éléments de didactique des sciences physiques : de la recherche à la pratique : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané. *Paris, P.U.F.*
34. Savinainen, A., Scott, P., & Viiri, J. (2005). Using a bridging representation and social interactions to foster conceptual change: designing and evaluating an instructional sequence for Newton's third law. *Science Education*, 89(2): 175–195
35. Steinberg, R., & Sabella, M. (1997). Performance on multiple-choice diagnostics and complementary exam problems. *The Physics Teacher*, 35 : 150–155.
36. Syuhendri, S. (2017). A leaning process based on conceptual change approach to foster conceptual change in Newtonian mechanics. *Journal of Baltic Science Education*, Vol. 16(2): 228-240
37. Tao, P.T. & Gunstone, R.F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7): 859-882
38. Terry, C & Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3): 291-298.
39. Treagust, D. F., Mthembu, Z & Chandrasegaran, A. L. (2014). Evaluation of the Predict-Observe-Explain instructional strategy to enhance students' understanding of redox reactions. In *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 265-286). Springer Netherlands.
40. Viennot, L. (1982). L'action et la Réaction sont-elles bien (égales et) opposées ? *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 640: 479-488.

41. Watts, D. (1983). A study of schoolchildren’s alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 4: 217-230

Annexe 1 : Questionnaire


Premier contexte : On considère
le corps A : le ballon en air
le corps B : la terre



1. Entoure la bonne réponse:
a. le ballon exerce une action sur la terre : oui non
b. la terre exerce une action sur le ballon : oui non

2. Entoure la bonne réponse :
a. L’action qui exerce le ballon sur la terre est :
 supérieure inférieure égale nulle
à l’action qui exerce la terre sur le ballon
b. L’action qui exerce la terre sur le ballon est :
 supérieure inférieure égale nulle
à l’action qui exerce le ballon sur la terre

Deuxième contexte : on considère
le corps A : le ballon en contact avec la terre
le corps B : la terre



1. Entoure la bonne réponse
a. le ballon exerce une action sur la terre : oui non
b. la terre exerce une action sur le ballon : oui non

2. Entoure la bonne réponse :
a. L’action qui exerce le ballon sur la terre est :
 supérieure inférieure égale nulle
à l’action qui exerce la terre sur le ballon
b. L’action qui exerce la terre sur le ballon est :
 supérieure inférieure égale nulle
à l’action qui exerce le ballon sur la terre

Troisième contexte : on considère un marteau frappe un clou

le corps A: le marteau

le corps B: le clou



1. Entoure la bonne réponse :

- a. le marteau exerce une action sur le clou: oui non
- b. le clou exerce une action sur le marteau : oui non

2. Entoure la bonne réponse :

- a. L'action qui exerce le marteau sur le clou est :
- supérieure inférieure égale nulle
- à l'action qui exerce le clou sur le marteau
- b. L'action qui exerce le clou sur le marteau est :
- supérieure inférieure égale nulle
- à l'action du marteau sur le clou