



L'ENSEIGNEMENT DES PHÉNOMÈNES OPTIQUES DANS UN CADRE DE DÉMARCHE D'INVESTIGATIONⁱ

Alyona Grigorovitchⁱⁱ

Primary Education,

Russian Federation

Résumé:

Cet article pose la question des interventions didactiques à la classe des sciences dans un cadre du type « démarche d'investigation ». Après une référence aux éléments du cadre théorique fondamentale, une série d'exemples de recherche tirés des phénomènes de base de l'optique géométrique ont été présentés (la lumière comme entité, la propagation rectiligne de la lumière et la formation des ombres). Les résultats de ces études ont montré qu'une utilisation systématique de la méthode peut avoir des effets positifs sur les problèmes d'apprentissage des sciences expérimentales.

Mots-clés : enseignement des sciences expérimentales, démarche d'investigation, optique géométrique

Abstract:

This article raises the question of educational interventions in the science class in an "inquiry-based teaching" framework. After a reference to the elements of the fundamental theoretical framework, a series of research examples from the basic phenomena of geometric optics were presented (light as an entity, straight propagation of light and the formation of shadows). The results of these studies have shown that a systematic use of the method can have positive effects on the learning issues of experimental sciences.

Keywords: teaching of experimental sciences, inquiry-based teaching, geometrical optics

1. Introduction

Dans plusieurs programmes partout dans le monde, est clairement spécifié la mise en avant de démarche d'investigation afin d'adopter une approche productive et efficace. Cette nouvelle façon d'enseigner est associée à un canevas qui récence une série des étapes dont la première consiste à choisir un problème approprié à la séquence. Mais que

ⁱ TEACHING OPTICAL PHENOMENA IN AN INQUIRY BASED TEACHING APPROACH

ⁱⁱ Correspondence: email alyogrig@gmail.com

faut-il comprendre derrière un terme extrêmement large et polysémique « démarche d'investigation ». Quelles doivent être leurs caractéristiques ? Selon plusieurs chercheurs spécialistes du domaine, le premier enjeu est la connaissance et l'exploitation des représentations mentales des enfants (Fragkiadaki & Ravanis, 2015; Kaliampos, 2015; Tin, 2017), le deuxième est le dépassement des difficultés qu'elles provoquent (Dumas Carré & Weil-Barais, 1998; Ntalakoura & Ravanis, 2014 ; Rodriguez & Castro, 2014) et le troisième enjeu consiste à placer l'activité de l'élève au centre du travail scolaire (Grigorovitch, 2018; Kada & Ravanis, 2016; Sotirova, 2017; Tantaros & Ravanis, 2009; Tin, 2019). C'est-à-dire trouver une situation didactique dans laquelle les difficultés conceptuelles puissent être révélées et mener à une construction cognitive des élèves. Pour cela, une situation didactique, comme par exemple la réalisation d'une expérience ou la présentation d'un logiciel, suivie d'un questionnement permet d'identifier les représentations mentales initiales des enfants et de s'approprier le problème. Les élèves doivent problématiser la situation et émettre des hypothèses ou des idées et des solutions à chercher.

Le déroulement mène à un débat permettant de confronter les idées recensées par les élèves. Cette confrontation amène à une reformulation par le professeur de physique et peut amener à une validation des idées par des expériences. La place de l'expérience est essentielle mais la situation de l'investigation peut elle-même répondre à la problématique dégagée par une notion conceptuelle purement abstraite comme, par exemple, la lumière. Les apports d'une telle démarche sont d'abord d'ordre épistémologique avec une approche de l'élève hypothético-déductive. Ainsi c'est l'élève qui fait évoluer sa représentation mentale initiale en dépassant ses obstacles cognitifs. Dans ce cadre on peut y voir un apport socioconstructiviste dans la manière de construire ces connaissances autour d'un problème. Enfin, le travail commun, les échanges continus et les interactions entre élèves ou entre l'élève et le professeur sont au centre d'une participation qui permet de construire le concept comme une véritable alternative au cours ou les élèves subissent de manière inductive les différentes théories. L'élaboration de la modélisation du concept est un vrai engagement de la part des élèves qui construisent des connaissances nouvelles aussi bien de savoir que de savoir-faire.

Après avoir défini qu'est le cadre de référence, dans cette recherche on a choisi de proposer une planification et une réalisation des activités de l'optique géométrique à la base des représentations des élèves de 8-13 ans sur les concepts et les phénomènes correspondants. Ainsi la problématisation se centralise sur l'apprentissage des phénomènes comme, par exemple, l'existence autonome et la propagation de la lumière et la formation des ombres. De nombreuses questions sous-jacentes découlent de cette problématique. La question cruciale d'entre elles est de savoir si, dans un cadre de démarche d'investigation, on peut réaliser une série des propositions d'enseignement susceptible de favoriser le dépassement des difficultés des élèves et la construction des représentations compatibles aux scientifiques.

2. Cadre méthodologique

Pour qu'on puisse identifier des propositions didactiques mettant en jeu l'appropriation des savoirs en optique géométrique on a choisi une série de 3 séances d'enseignement correspondantes aux tâches réalisées dans des recherches différentes visant à la construction des concepts et des phénomènes optiques divers. Pour chaque concept ou phénomène on a choisie et on présente des exemples pour lesquels la recherche a montré qu'ils avaient un effet positif sur la transformation de la pensée des élèves dans un cadre d'enseignement de type « démarche d'investigation ». Les situations didactiques que nous avons choisies appartiennent aux trois domaines: la lumière en tant qu'entité distincte par rapport aux sources et aux effets qu'elle provoque, la propagation rectiligne de la lumière, le temps de propagation de la lumière et la formation des ombres.

3. Les situations didactiques et ses résultats

Dans une perspective d'approche et de compréhension des concepts et phénomènes de l'optique géométrique, une longue série de recherches a été menée dans la communauté de la didactique de la physique internationale. Diverses tâches et situations didactiques ont été proposées aux élèves de l'école maternelle, du primaire et du secondaire et l'analyse des résultats des recherches en classe ou en conditions expérimentales ont donné des propositions très intéressantes. Ensuite, nous présentons 3 cas typiques d'interventions didactiques ponctuelles, qui reposaient sur des procédures de démarche d'investigation.

a) La lumière comme entité distinct dans l'espace

Comme a été confirmé par une série des recherches sur la conceptualisation de la lumière (Anderson & Smith, 1982; Andersson & Karrqvist, 1983; Kokologiannaki & Ravanis, 2013; Mendoza Pérez & López-Tosado, 2000; Ravanis & Kalampos, 2018; Rodriguez & Castro, 2016; Voutsinos, 2013; Watts, 1985), l'obstacle principal « est la reconnaissance de la lumière comme entité physique autonome et indépendante des sources qui la produisent et les effets qu'elle provoque existante dans une certaine région de l'espace » (Castro, 2019, p. 115). L'origine de cette barrière est une difficulté pour les enfants à distinguer la lumière des sources lumineuses et des signes lumineux visibles (Castro, 2013; Castro & Rodriguez, 2014; Ravanis & Boilevin, 2009). La recherche sur ce sujet conduit à l'hypothèse que cette difficulté est associée à la faiblesse des enfants à penser en deux temps, de la source à l'espace et de l'espace à la tache lumineuse, car ils concentrent leur réflexion uniquement sur sources et taches lumineuses (Ravanis, 1999).

Basés sur ce cadre d'analyse certains chercheurs ont développé des interventions didactiques pour qu'ils puissent conduire les élèves à la conceptualisation de la lumière comme entité autonome dans l'espace. Grigorovitch (2014) et Rodriguez & Castro (2016) ont adopté l'idée d'utiliser comme outil didactique une procédure, selon laquelle au lieu de discuter avec les élèves sur la base de la propagation de la lumière à une seule étape

(c'est-à-dire source lumineuse - récepteur), a été présentée la propagation en deux étapes (c'est-à-dire source - zone de diffusion et zone de diffusion - récepteur). Ici, l'idée principale est de déplacer l'accent de l'élève d'un modèle concentré sur la source de lumière ou le récepteur à un autre qui les connecte avec la lumière comme une entité autonome. Ayant cet objectif les chercheurs ont posé deux questions: a) "D'où vient la lumière?" et b) "Comment la lumière vient-elle à nous?". En discutant à la base de ces questions, ont été présentés les caractéristiques du modèle d'optique géométrique en ajoutant la "route" de la lumière dans l'espace comme concept analogique. Ensuite a été expliqué que la lumière provient de sources lumineuses, par exemple le soleil ou les lampes, et se dirige dans l'espace vers d'autres planètes et la terre. A été également analysé la direction de la lumière solaire vers la terre à travers l'espace, l'atmosphère et les nuages en utilisant la lumière et ses rayons comme concepts équivalents et a été créé une forme géométrique de lumière dans l'espace. En plus, a été présentée une image et un dessin connus de la vie quotidienne dans lesquels des faisceaux de lumière sont visibles dans l'air. Finalement a été demandé aux enfants d'expliquer l'image et le dessin en tenant compte de l'absence de lumière dans l'espace. En conséquence, la pensée des enfants s'est trouvée dans une impasse. Puis a été répété la "route de la lumière" et ainsi terminé l'intervention didactique.

C'est donc dans une intervention didactique avec ces caractéristiques structurelles à laquelle ont participé 60 élèves âgés de 11 à 12 ans que divers tâches ont été données avant et après l'enseignement (Grigorovitch, 2014). Dans ces tâches, les progrès des élèves se situaient entre 45% et 55%. Dans une autre étude similaire menée auprès d'élèves de 8 à 9 ans (Rodriguez & Castro, 2016), les résultats sont également encourageants. Dans des tâches similaires, la progression des réponses des enfants se situait entre 35% et 58%.

b) La propagation rectiligne de la lumière

Un enjeu d'apprentissage important dans le contexte de l'optique géométrique est la propagation rectiligne de la lumière. Comme l'explique Castro (2018, p. 2) « Dans ce dernier champ de recherche, Ravanis & Papamichael (1995) ont schématisé deux difficultés des enfants : (a) la difficulté à identifier en général la propagation rectiligne de la lumière et (b) la difficulté de reconnaître la propagation de la lumière vers toutes les directions ». En effet, comme plusieurs études l'ont montré dans différents pays du monde, les enfants du préscolaire au lycée ont du mal à comprendre le chemin isotrope et linéaire de la lumière. En conséquence, il y a des difficultés supplémentaires dans les problèmes liés à l'interaction de la lumière avec les objets qu'elle rencontre et les résultats de ces interactions (Stead & Osborne, 1980; Guesne, 1984, 1985; Yurumezoglu, 2009).

En travaillant sur la propagation rectiligne de la lumière avec les élèves de 10-11 ans, Castro (2018, p. 4) propose une séance du type « démarche d'investigation » basé sur le dispositif de la Figure 1 (trois cartons posés verticalement avec un orifice circulaire de 0.5 cm à la même hauteur de son point d'appui, une bougie et l'élève qui fait des expérimentations).

La structure de cet enseignement est la suivante : la procédure commence par la question « Dans quelles conditions l'œil de l'homme pourrait-il voir la lumière de la bougie? ». Sur la base des premières réponses des enfants, l'enseignant continue de discuter et d'interagir avec les élèves. Il propose le déplacement successif ou simultané des cartons et un changement continu de leurs positions. Ensuite l'enseignant demande aux élèves de prévoir si la lumière se propage horizontalement et / ou diagonalement et dans quelles conditions elle atteindra l'œil. Pendant la discussion concernant les réponses des enfants, il est suggéré que les expériences pertinentes soient menées pour confirmer ou infirmer les prédictions. Lorsque les expériences sont réalisées, les groupes d'enseignants et d'élèves comparent les prédictions et les résultats de l'expérience et formulent des interprétations et des arguments pour expliquer les similitudes et les différences. Dans ces discussions, l'importance de l'adoption du phénomène de propagation de la lumière rectiligne et dans toutes les directions est mise en évidence.

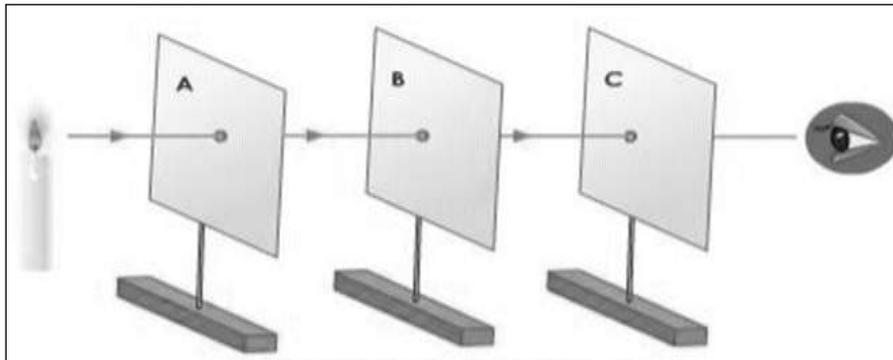


Figure 1

Deux recherches basées sur des plans d'enseignement similaires ont donné des résultats satisfaisants. Castro (2018) a présenté les résultats d'une recherche auprès des élèves de 10-11 ans. En travaillant deux tâches par rapport la propagation rectiligne de la lumière a été constaté qu'entre un pré-test et un post-test les progrès des élèves était 79% et 83% respectivement. Dans une recherche plus ancienne avec les élèves de 9-10 ans (Ravanis & Papamichael, 1995) le progrès observé aux trois tâches sur la propagation rectiligne de la lumière était aussi assez élevé, c'est-à-dire 60%, 50% et 58% pour les trois tâches successives.

c) La formation des ombres

Un champ de recherche très souvent exploité est la compréhension de la formation des ombres (Dedes & Ravanis, 2009; Grigorovitch, 2015; Grigorovitch & Nertivich, 2017; Guesne, 1985; Segal & Cosgrove, 1993; Voutsinos, 2013). Ravanis (1996) a classifié les difficultés des élèves à trois niveaux : (a) L'interaction entre la lumière comme entité et les objets comme obstacles physiques non-transparents qui conduisent à la formation de l'ombre. (b) Le "blocage" de la lumière qui crée un champ ombragé dans l'espace et non exclusivement sur les surfaces de projection où l'ombre est visible. (c) La correspondance entre le nombre de sources lumineuses et le nombre d'ombres pour un obstacle donné.

Afin de répondre à ces difficultés, un certain nombre d'activités didactiques ont été conçues et mises en œuvre par Nertivich (2016). Ayant identifié ces difficultés, il décrit systématiquement le contexte général de l'intervention pédagogique qu'il a conçue et mise en œuvre. « Nous avons donné aux enfants une lampe de poche et comme obstacle un bâton posé verticalement sur une table horizontale. L'enseignant leur a demandé de former l'ombre du bâton à une place donnée et d'expliquer la formation de l'ombre. Dans le cas où l'enfant n'y arrivait pas, c'était lui qui formait l'ombre et attirait son attention sur le bâton qui est fort éclairé face à la lampe et faiblement de l'autre côté. Puis elle demandait: "Est-ce que la lumière peut passer à travers le bois ?". En ce qui concerne le bâton conçu comme obstacle à la propagation de la lumière, les enfants ont eu des difficultés. La question concernant la lumière et le bâton ne suffit pas et l'enseignant s'est vu obligé d'intervenir et de questionner l'enfant jusqu'à induire la réponse souhaitée. Après le dialogue avec les enfants, l'enseignant a expliqué, en discutant avec eux, que l'interposition d'un objet non transparent dans la trajectoire des rayons lumineux empêche le passage de la lumière. Le concept de l'ombre est ainsi associé à l'empêchement de propagation de la lumière. Cette discussion déstabilise des explications centrées uniquement sur les ombres, les obstacles ou la lumière et construit des liens nécessaires entre le couple ombre et lumière médiatisé par l'obstacle. Cette approche peut permettre aux enfants de se représenter l'ombre non pas comme un objet ayant une existence autonome, mais comme un objet dont l'existence dépend de l'absence ou de l'empêchement de la lumière qui la constitue. Ensuite, les enseignants ont demandé aux enfants de former l'ombre du bâton à des places que nous leur indiquions et de spécifier la place de l'ombre par rapport à celle de la source et de l'obstacle. Après nous être mis d'accord avec les enfants sur le fait que l'ombre se forme de l'autre côté de l'obstacle par rapport à la source lumineuse, nous leur avons demandé de manœuvrer la source lumineuse de façon à ce que l'ombre apparaisse du côté de la source lumineuse et non pas de l'autre côté. Ce problème est en fait sans solution, mais en discutant avec les enfants on explore ainsi les conditions de réalisation du phénomène » (Nertivich, 2016, p. 105).

Dans cette recherche avec les élèves de 11-12 ans les chercheurs ont utilisé deux tâches pour vérifier le progrès éventuel entre un pré-test et deux post-tests successifs. En réalité les réponses des élèves vérifient qu'entre le pré-test et les deux post-tests les représentations des enfants s'améliorent de 32% à 62%.

4. Conclusion

Cet article nous a permis d'approcher la recherche sur l'appropriation des savoirs du cadre de l'optique géométrique à une perspective didactique du type « démarche d'investigation ». L'analyse de ces données permet de tirer quelques conclusions. Premièrement cette démarche est un bon choix qui favorise de vaincre les difficultés cognitives liées aux représentations mentales des enfants. Ce qui est très important pour l'apprentissage des élèves. Deuxièmement, le déroulement murement réfléchi s'avère

intéressant. En tant qu'enseignants et/ou chercheurs, on a bien l'impression de pouvoir définir des représentations sur les problèmes donnés à nos élèves car bien que les problèmes puissent paraître semblables ils peuvent en réalité mobiliser des capacités très variées et différentes.

N'est-ce pas l'essence de la démarche scientifique en elle-même ? Où on utilise souvent des approches semblables pour résoudre un problème sans pour autant que ce soit quelque chose d'automatisable tant il existe une variété de savoirs et savoir-faire à acquérir en sciences expérimentales.

Références

- Anderson, C., & Smith, E. (1982). *Student conceptions of light, colour and seeing*. Paper presented at the annual convention of the National Association for Research in Science Teaching, Fontana, Wisconsin.
- Andersson, B., & Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils aged 12-15 years understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
- Castro, D. (2018). L'apprentissage de la propagation rectiligne de la lumière par les élèves de 10-11 ans. La comparaison de deux modèles d'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 4(5), 1-10.
- Castro, D. (2019). Approches didactiques à l'école maternelle : la numérique et la traditionnelle au cas de la lumière. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 4(1), 113-123.
- Castro, D., & Rodriguez, J. (2014). 8-9 year old pupils' mental representations of light: teaching perspectives. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 2(1), 40-44.
- Dedes, C., & Ravanis, K. (2009). History of science and conceptual change: the formation of shadows by extended light sources. *Science & Education*, 18(9), 1135-1151.
- Dumas Carré, A., & Weil-Barais, A. (Éds). (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne: P. Lang.
- Fragkiadaki, G. & Ravanis, K. (2015). Preschool children's mental representations of clouds. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 267-274.
- Grigorovitch, A. (2014). Children's misconceptions and conceptual change in Physics Education: the concept of light. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 1(1), 34-39.
- Grigorovitch, A. (2015). La formation des ombres : représentations mentales des élèves de 7-9 ans. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 102-109.
- Grigorovitch, A. (2018). Interactions didactiques et apprentissage en physique à l'école maternelle et primaire. *European Journal of Education Studies*, 5(4), 1-9.

- Grigorovitch, A., & Nertivich, D. (2017). Représentations mentales des élèves de 10-12 ans sur la formation des ombres. *European Journal of Education Studies*, 3(5), 150-160.
- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. In E. J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching* (Vol. IV, pp. 179-192). Paris: UNESCO.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds), *Children's ideas in science* (pp. 10-32). Philadelphia: Open University Press.
- Kada, V. & Ravanis, K. (2016). Creating a simple electric circuit with children between the ages of five and six. *South African Journal of Education*, 36(2), 1-9.
- Kaliampou, G. (2015). A small scale, qualitative study on exploring alternative conceptions of mechanics in students with autism. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 110-119.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Mendoza Pérez, A., & López-Tosado, V. (2000). "Light" conceptualisation in children aged between 6 and 9. *Journal of Science Education*, 1(1), 26-29.
- Nertivich, D. (2016). Représentations des élèves de 11-12 ans pour la formation des ombres et changement conceptuel. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 3(2), 103-107.
- Ntalakoura, V., & Ravanis, K. (2014). Changing preschool children's representations of light: a scratch based teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 191-200.
- Ravanis, K. (1996). Stratégies d'interventions didactiques pour l'initiation des enfants de l'école maternelle en sciences physiques. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 17, 161-176.
- Ravanis, K. (1999). Représentations des élèves de l'école maternelle: le concept de lumière. *International Journal of Early Childhood*, 31(1), 48-53.
- Ravanis, K., & Papamichaël, Y. (1995). Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentation spontanée des élèves pour la propagation de la lumière. *Didaskalia*, 7, 43-61.
- Ravanis, K., & Boilevin, J.-M. (2009). A comparative approach to the representation of light for five-, eight- and ten-year-old children: didactical perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 8(3), 182-190.
- Ravanis, K., & Kaliampou, G. (2018). Mental representations of 14-15 years old students about the light propagation time. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 8(2), 44-52.
- Rodriguez, J., & Castro, D. (2014). Children's ideas of changes in the state of matter: solid and liquid salt. *Journal of Advances in Humanities*, 1(1), 1-6.
- Rodriguez, J., & Castro, D. (2016). Changing 8-9 year-old pupil's mental representations of light: a metaphor based teaching approach. *Asian Education Studies*, 1(1), 40-46.
- Segal, G., & Cosgrove, M. (1993). 'The sun is sleeping now': Early learning about light and shadows. *Research in Science Education*, 23, 176-285.

- Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
- Stead, B., & Osborne, R. (1980). Exploring student's concepts of light. *Australian Science Teacher Journal*, 3(26), 84-90.
- Tantaros, S. & Ravanis, K. (2009). De la représentation du monde aux modèles précurseurs de la physique : fantômes dans la Zone du Développement Proximal des enfants de 5-6 ans. *Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 21, 115-125.
- Tin, P. S. (2017). Représentations mentales des élèves de 5-6 et 8-9 ans sur la flottaison et l'immersion. *European Journal of Education Studies*, 3(10), 184-194.
- Tin, P. S. (2019). Un cadre méthodologique pour la démarche d'investigation : l'exemple du changement d'état de l'eau à l'âge de 8 ans. *European Journal of Education Studies*, 6(4), 1-12.
- Voutsinos, C. (2013). Teaching Optics: light sources and shadows. *Journal of Advances in Physics*, 2(2), 134-138.
- Watts, D. M. (1985). Student conceptions of light: a case study. *Physics Education*, 20(4), 183-187.
- Yurumezoglu, K. (2009). An entertaining method of teaching concepts of linear light propagation, reflection and refraction using a simple optical mechanism. *Physics Education*, 44(2), 129-132.

Creative Commons licensing terms

Author(s) will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflicts of interest, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated into the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).