



REPRÉSENTATIONS MENTALES, OBSTACLES ET ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUESⁱ

Evgenia-Motya Sotirovaⁱⁱ

MSc in Education,

Russia

Résumé :

Cet article présente une série de réflexions sur les représentations mentales et les obstacles qu'elles créent pour la pensée des élèves dans l'approche et la compréhension des sciences. Dans cette discussion, la question se pose à la fois de l'importance des représentations pour la création de modèles mentaux compatibles avec les sciences physiques et de leur rôle dans la conception et la mise en œuvre des leçons des enseignants dans leurs classes. Dans ce sens, certains points importants sont mis en évidence sur lesquels l'utilisation didactique des représentations peut être basée. Cette question a été une dimension importante de la recherche en didactique des sciences au cours des dernières décennies. Enfin, le domaine des concepts et phénomènes thermiques est utilisé comme exemple de mise en évidence des représentations mentales et de leur traitement didactique.

Mots-clés : représentation mentale, enseignement scientifique, obstacles, enseignement des phénomènes thermiques

Abstract:

This article presents a series of reflections on mental representations and the obstacles they create for students' thinking in the approach and understanding of science. In this discussion, the question arises both the importance of representations for the creation of mental models compatible with the physical sciences and of their role in the design and implementation of teachers' lessons in their classrooms. In this sense, some important points are highlighted on which the didactic use of representations can be based. This question has been an important dimension of science education research in recent decades. Finally, the field of thermal concepts and phenomena is used as an example of highlighting mental representations and their teaching processing.

Keywords: mental representations, science teaching, obstacles, teaching thermal phenomena

ⁱ MENTAL REPRESENTATIONS, OBSTACLES AND PHYSICAL SCIENCES TEACHING

ⁱⁱ Correspondence: email evmosoti@gmail.com

1. Introduction

Les représentations mentales jouent un rôle essentiel dans le domaine de l'enseignement et de l'apprentissage. Elles se rapportent à la manière dont les individus perçoivent, traitent et organisent l'information dans leur pensée. Les enseignants, les élèves et les chercheurs en éducation reconnaissent depuis longtemps l'importance des représentations mentales dans le processus éducatif. Les représentations mentales sont très importantes dans la construction des concepts. Les apprenants face au monde physique, abordent les phénomènes et les informations qu'ils tirent de leur environnement, en construisant des représentations mentales, des idées et des concepts plus larges. Les enseignants doivent donc être conscients de la façon dont les élèves perçoivent et organisent les informations. Elles aident les individus à organiser le monde physique de manière significative. Cela peut inclure au niveau intellectuel la création de schémas mentaux, de cartes conceptuelles ou d'autres outils cognitifs pour relier les connaissances entre elles.

Mais que peut-on réaliser avec des représentations ? Tout d'abord, les représentations mentales influencent la manière dont les apprenants approchent et reconnaissent le monde physique et abordent la résolution de problèmes. Une bonne représentation d'un problème complexe peut faciliter la recherche de solutions efficaces. C'est précisément pour cette raison, comme nous le développerons ci-dessous, les enseignants devrait aider les élèves à développer ces compétences en encourageant la résolution de problèmes de manière réfléchie. Les représentations influent sur la capacité des élèves à transférer leurs connaissances d'un contexte à un autre. Une représentation mentale solide d'un concept permet aux apprenants de l'appliquer dans différentes situations. Ainsi dans la classe, on peut utiliser la compréhension des représentations mentales des élèves pour adapter nos méthodes et pratiques d'enseignement (Boumghar et al., 2012; Dedes & Ravanis, 2007; Rodriguez & Castro, 2016). Par exemple, en présentant l'information de manière visuelle, en utilisant des analogies ou en fournissant des exemples concrets, on peut aider les élèves à construire des représentations mentales plus riches et plus précises. De plus, les erreurs de compréhension des élèves sont souvent liées à des représentations mentales incorrectes ou incomplètes. Les enseignants doivent être donc attentifs à ces erreurs et les aider à les corriger en identifiant et en rectifiant les lacunes dans leurs représentations. De ce fait, la prise en compte des différentes représentations mentales des élèves peut permettre aux instituteurs/trices d'individualiser leur enseignement. En comprenant comment chaque élève perçoit et traite l'information, les enseignants peuvent mieux répondre à leurs besoins spécifiques. Au cours des dernières décennies, cette question a commencé à concerner la recherche auprès des enfants âgés de 3 à 8 ans, c'est-à-dire dans les premières années de leur entrée dans le système éducatif (Ioannou et al., 2023; Pantidos & Kaliampou, 2023; Ravanis, 2021, 2022). Ainsi, il a été établi qu'en effet, même les jeunes élèves ont souvent des préconceptions et/ou des idées intuitives sur des concepts et les phénomènes physiques avant même d'entrer en classe maternelle ou primaire. Ces constructions intellectuelles des jeunes enfants sont parfaitement équivalentes à des représentations mentales. Ces

préconceptions peuvent être en accord, c'est-à-dire compatibles, avec les théories et les modèles de la physique ou les contredire. Il est évident que, dans ce cas, nous ne parlions pas de concepts complets, mais de constructions mentales précoces. Les décideurs qui élaborent les programmes d'études, les manuels et les instructions officielles pour l'enseignement, doivent être conscients de ces préconceptions et les aborder pour éviter toute confusion. La référence spéciale que nous avons faite ici aux très jeunes enfants a été faite pour montrer l'importance et la profondeur de cette question.

En résumé, les représentations mentales sont un aspect fondamental de l'enseignement et de l'apprentissage. Les enseignants doivent reconnaître l'importance de ces représentations dans le processus éducatif et les utiliser pour organiser et guider leur enseignement de manière plus efficace.

L'enseignement des sciences physiques est fortement influencé par les représentations mentales des élèves. Les représentations mentales que les élèves ont des concepts, des phénomènes et des lois physiques peuvent grandement affecter leur compréhension et leur performance dans cette matière. Une question importante ici est le passage de la pensée des élèves de la simple représentation à la formation de modèles compatibles avec les connaissances scientifiques de l'école. Il s'agit d'un aspect crucial de l'organisation des processus d'enseignement et d'apprentissage des sciences physiques et la communauté des didacticiens s'en occupe depuis quelques décennies.

Dans les approches modernes de l'apprentissage et de l'enseignement, l'étude, l'identification et la catégorisation des représentations sont considérées comme des stratégies de base pour la constitution de la pensée des modèles mentaux. Ces modèles mentaux sont des entités élaborées avec des caractéristiques structurelles et fonctionnelles stables qui surmontent les obstacles des représentations des élèves basées sur leur expérience personnelle, leurs observations ou leur intuition. Ainsi, il est particulièrement important que les interactions didactiques amènent les élèves à déstabiliser leurs représentations et à former des modèles mentaux pour comprendre et à s'approprier des phénomènes physiques (Grigorovitch, 2014; Ravanis, 2020; Rodriguez, 2018 ; Tin, 2016; Yuanphan & Nuangchalerm, 2023).

Sur un tel itinéraire, les enseignants peuvent aider les élèves à affiner et à développer ces modèles mentaux en fournissant des explications claires et en corrigeant les malentendus. Vraiment, les enseignants peuvent concevoir des activités didactiques qui s'appuient sur les représentations mentales des élèves et visent à construire des modèles mentaux. Dans ces contextes de travail en classe, les enseignants doivent être attentifs aux prédictions, aux estimations et aux arguments que les élèves peuvent faire valoir. Toutes ces données peuvent révéler des lacunes dans la compréhension et donc mettre en évidence les points vers lesquels l'enseignement doit constamment se déplacer pour passer des représentations aux modèles mentaux des élèves. En posant des questions ou en présentant des situations qui font appel aux représentations existants des élèves, les enseignants peuvent faciliter la transition vers une compréhension plus précise des concepts physiques, c'est-à-dire à la construction des modèles. Aussi, l'utilisation d'outils de visualisation, tels que des schémas, des graphiques, des diagrammes et des

simulations, peut aider les élèves à former des représentations mentales plus claires et plus précises des concepts physiques abstraits.

2. Les obstacles à l'apprentissage de la physique et les moyens de les surmonter

Souvent, la discussion sur les représentations mentales et leur manipulation dans l'enseignement conduit à l'idée de l'obstacle cognitif. Ces obstacles sont particulièrement importants à prendre en compte dans l'enseignement de la physique, car ils peuvent entraver la compréhension des concepts scientifiques et la réussite des élèves. Les obstacles cognitifs en physique peuvent provenir de diverses sources, notamment des idées préconçues dans la vie quotidienne, des expériences sensorielles trompeuses et des difficultés à approcher et comprendre des concepts abstraits. En fait, ces difficultés se manifestent de différentes manières dans les représentations propres des élèves et sont évidemment liées à l'enseignement de la physique. Dans un tel contexte, on peut distinguer différents niveaux et types de difficulté.

Chez les enfants qui fréquentent la maternelle ou les premières années de l'enseignement primaire, nous rencontrons des raisonnements pré-logiques : l'animisme, l'anthropomorphisme, l'égoïsme, etc. prévalent et conduisent la pensée des enfants à des associations causales inexistantes. Dans l'anthropomorphisme, souvent, les élèves ont parfois tendance à attribuer des caractéristiques humaines aux objets, ce qui peut les amener à interpréter incorrectement les phénomènes physiques. Par exemple, ils peuvent penser que les objets tombent parce qu'ils "veulent" toucher le sol.

Une autre source de difficultés est la forte influence de l'environnement quotidien qui, de diverses manières, soumet aux élèves des réponses qui acquièrent progressivement la force d'un schéma de pensée stable. Par exemple, le fait perceptif intense qu'un glaçon fond toujours à l'extérieur du réfrigérateur dans des conditions environnementales normales crée un schéma de pensée qui attribue la fusion non pas aux échanges thermiques mais à la nature de la glace (Ravanis, 2013).

De plus, parfois, certains concepts de la physique, tels que les lois de la mécanique quantique, sont abstraits et difficiles à visualiser. Les étudiants peuvent avoir du mal à comprendre ces concepts si l'on n'utilise pas des techniques qui présentent de manière heuristique et accessible l'effet des concepts sur les phénomènes étudiés.

Comme nous l'avons déjà mentionné, il est important que les étudiants soient aidés par tous les facteurs du processus éducatif pour surmonter ces barrières cognitives en physique. À cette fin, les enseignants peuvent poursuivre différentes techniques d'enseignement qui ont une valeur autonome ou qui peuvent être appliqués en combinaison.

a. Identifier les représentations spontanées

Les enseignants doivent être conscients des idées préconçues que les élèves peuvent avoir et les aborder directement (Castro, 2013; Grigorovitch & Nertivich, 2017; Ravanis & Kaliamos, 2018). Poser des questions ouvertes, encourager la discussion et la réflexion critique peut aider à révéler ces conceptions erronées. De plus, les enseignants doivent

s'assurer qu'ils n'utilisent pas eux-mêmes des représentations erronées. Cette dernière observation est faite parce que dans la littérature, nous rencontrons souvent des problèmes d'incompréhension des enseignants eux-mêmes à cause de ses idées préconçues (Kokologiannaki & Ravanis, 2013).

b. Utiliser des métaphores et des analogies

Les concepts abstraits peuvent être rendus plus accessibles en utilisant des métaphores ou des analogies qui relient les idées nouvelles à des concepts familiers. Bien sûr, cette question dans la littérature est complexe et rencontre souvent des difficultés importantes car les règles d'utilisation des métaphores et des analogies ont des limites importantes. Cependant, il s'agit toujours d'un outil pédagogique important (Rodriguez & Castro, 2016, 2020).

c. Favoriser l'expérimentation

Les expériences pratiques et les démonstrations peuvent aider les élèves à mieux comprendre les concepts physiques. L'expérimentation permet aux élèves de voir par eux-mêmes comment les phénomènes se produisent. Ils permettent également aux étudiants de se familiariser avec le comportement des matériaux, d'enregistrer les résultats de leurs choix expérimentaux, de mettre en relation les données théoriques et empiriques (Arun, 2023; Tin, 2018).

d. Encourager la réflexion critique

Encourager les élèves à poser des questions, à remettre en question leurs propres idées et à résoudre des problèmes complexes peut favoriser une meilleure compréhension de la physique (Kumar & Nertivich, 2019; Zacharos et al., 2011).

e. Utiliser des ressources pédagogiques variées

Utiliser des vidéos, des simulations informatiques et d'autres ressources pédagogiques peut compléter l'enseignement traditionnel et aider les élèves à visualiser des phénomènes physiques (Xezonaki, 2022).

En résumé, les obstacles cognitifs peuvent constituer un défi dans l'enseignement de la physique, mais avec des approches pédagogiques appropriées, les enseignants peuvent aider les élèves à surmonter ces obstacles et à développer une compréhension plus solide des concepts scientifiques.

3. Un exemple : l'enseignement des notions thermiques

L'enseignement des notions thermiques peut rencontrer divers obstacles en raison de la complexité des concepts et des idées préconçues que les élèves peuvent avoir. En effet, la complexité scientifique des concepts et des phénomènes thermiques, la relation étroite et en même temps la distance interprétative par rapport aux phénomènes quotidiens, le début de la création de concepts dès l'âge préscolaire, créent un environnement très riche pour l'étude et le traitement à tous les niveaux de l'école. Voici quelques-uns des

obstacles courants à l'enseignement de la thermodynamique et des sciences thermiques, ainsi que des stratégies pour les surmonter :

A. Abstraction et concepts thermiques

De nombreux concepts thermiques, tels que la chaleur, la température, l'entropie et les lois de la thermodynamique, sont abstraits et peuvent être difficiles à visualiser. Les élèves peuvent avoir du mal à comprendre ces concepts abstraits (Pathare & Pradhan, 2010; Tin, 2019, 2022).

Stratégie

Utilisez des analogies et des métaphores pour rendre ces concepts plus concrets. Par exemple, comparez le transfert de chaleur à des vases communicants pour illustrer le flux de chaleur.

B. Représentations mentales

Les élèves peuvent avoir des représentations mentales sur les concepts thermiques, souvent basées sur des expériences quotidiennes. Ces idées préconçues peuvent entrer en conflit avec les concepts scientifiques (Maskur et al., 2019; Nertivich, 2016; Rodriguez & Castro, 2014).

Stratégie

Identifiez et traitez les représentations mentales en encourageant la discussion en classe et en confrontant ces idées avec des expériences et des démonstrations qui montrent la réalité des phénomènes thermiques.

C. Terminologie complexe

La thermodynamique utilise souvent un langage technique et une terminologie complexe qui peuvent être déconcertants pour les élèves (Nertivich, 2018).

Stratégie

Décomposez les concepts en termes plus simples et définissez clairement les termes techniques. Utilisez des analogies pour expliquer les termes techniques en des mots plus familiers.

D. Loi de la conservation de l'énergie

La première loi de la thermodynamique, qui affirme que l'énergie ne peut ni n'être créée ni détruite, peut sembler contre-intuitive pour les élèves (Guedj, 2003; Saltiel, 1997).

Stratégie

Utilisez des exemples concrets et des expériences pour illustrer comment l'énergie est transférée d'une forme à une autre, mais ne disparaît jamais.

E. Mathématiques complexes

Les concepts thermiques sont souvent accompagnés de mathématiques complexes, ce qui peut être intimidant pour certains élèves (Gebru, 2021; Roulet, 1981).

Stratégie

Simplifiez les équations thermodynamiques au niveau de compréhension de vos élèves. Insistez sur la signification physique des équations plutôt que sur la manipulation mathématique.

F. Absence de contexte pratique et manque de motivation

Les élèves peuvent avoir du mal à voir la pertinence des concepts thermiques dans leur vie quotidienne. De plus, ils peuvent trouver les concepts thermiques abstraits et ennuyeux, ce qui peut affecter leur motivation (Humphrey-Darkeh et al., 2023).

Stratégie

Reliez les concepts thermiques à des exemples concrets et des applications du monde réel, comme les machines thermiques, la climatisation, ou la cuisson. De même, créez des activités engageantes, utilisez des démonstrations pratiques et encouragez les élèves à explorer des phénomènes thermiques par eux-mêmes.

En enseignant les notions thermiques, il est important de reconnaître ces obstacles et d'adopter des approches pédagogiques qui les surmontent. Les enseignants peuvent également personnaliser leur enseignement en fonction du niveau de compréhension de leurs élèves et utiliser des ressources pédagogiques variées pour rendre l'apprentissage de la thermodynamique plus accessible et intéressant.

4. Discussion

En résumé, les représentations mentales des élèves jouent un rôle central dans l'enseignement de la physique. Les enseignants doivent être conscients de ces représentations, les utiliser comme point de départ pour l'enseignement, corriger les erreurs de compréhension et aider les élèves à construire des modèles mentaux précis et complets des concepts physiques. Cela favorisera une meilleure compréhension et une maîtrise plus solide de la physique. Cependant, cela suppose que les enseignants eux-mêmes ont identifié, confronté et transformé leurs propres représentations erronées.

Comme les représentations mentales varient d'un élève à l'autre, les enseignants peuvent désigner leur enseignement pour tenir compte des besoins spécifiques de chaque élève. Cela peut inclure des approches pédagogiques différenciées pour aider chaque élève à construire des représentations mentales appropriées.

Relier les concepts physiques à des exemples concrets de la vie quotidienne ou à des applications pratiques peut aider les élèves à créer des représentations mentales plus pertinentes. Cela montre l'importance et la pertinence des concepts physiques dans le monde réel.

L'effort d'utilisation des représentations mentales est très lié à la préparation des enseignants à tous les niveaux, car ce sont eux qui ont besoin de connaître dans chaque unité d'apprentissage et d'enseignement les difficultés fondamentales des élèves résultant de ces représentations. Bien sûr, cela impose un type d'études initiales spéciales et de formation continue des enseignants qui enseigneront les sciences naturelles et aujourd'hui, il existe de nombreuses opportunités et possibilités car au fil des ans, il y a des connaissances spécialisées accumulées (Arun, 2017, 2018 ; Castro, 2018 ; Delclaux & Saltiel, 2013 ; Kotuláková, 2013; Loughran et al., 2012 ; Mabejane & Ravanis, 2018).

Conflict of Interest Statement

The author declares no conflicts of interest.

About the Author

The author is a researcher and teacher in primary education in the Russian Federation. She got a master's degree in educational sciences. Her research areas are Early Childhood and Primary Education, Pedagogy and Science Education, and Teacher training.

Références

- Arun, Z. (2017). Formation des enseignants et recherche en didactique des sciences. *European Journal of Education Studies*, 3(9), 206-216.
- Arun, Z. (2018). Questions sur la formation initiale des enseignants en didactique des sciences: une vision alternative. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(1), 44-53.
- Arun, Z. (2023). Difficultés liées à l'enseignement des sciences physiques en laboratoire : points de vue des enseignants. *European Journal of Education Studies*, 10(7), 1-12.
- Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Enseignement-apprentissage du concept "force" et persistance des difficultés : Quelle influence mathématique ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 63-81.
- Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
- Castro, D. (2018). Schèmes et trajectoires pour la formation des enseignants des sciences. *European Journal of Education Studies*, 4(3), 260-269.
- Dedes, C., & Ravanis, K. (2007). Reconstruction des représentations spontanées des élèves: la formation des ombres par des sources étendues. *Skholê, HS*(1), 31-39.
- Delclaux, M., & Saltiel, E. (2013). Caractéristiques d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation et évaluation de dispositifs d'accompagnement des enseignants. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7(2), 35-51.
- Gebbru, M. H. (2021). Visualization and simulation for effective teaching of basic thermal concepts for grade nine. *Mediterranean Journal of Education*, 1(1), 138-153.
- 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., & 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.
- Guedj, M. (2003). L'introduction du principe de conservation de l'énergie dans l'enseignement secondaire français vue à travers quelques manuels. *Tréma*, 22, 51-63.
- Humphrey-Darkeh, A., Kusi, F., Owusu-Sekyere, K., & Adu-Gyamfi, M. (2023). inquiry-based teaching method to create conceptual understanding of measurement of temperature among students at the Basic Junior High School. *ASEAN Journal for Science Education*, 2(2), 95-106.
- Ioannou, M., Kaliampos, G., Fragkiadaki, G., Pantidos, P., & Ravanis, K. (2023). *Thermal concepts and phenomena in early childhood science education: a literature review. European Journal of Education Studies*, 10(5), 1-12.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Kumar, S. & Nertivich, D. (2019). Science in society awareness among Indian and Russian students: emotional aspects. *European Journal of Social Sciences Studies*, 4(2), 1-14.
- Kotuláková, K. (2013). Teachers' focus on pupil's prior conceptions in Inquiry-Based Teaching. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7(2), 53-71.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing Science teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Mabejane, M. R., & Ravanis, K. (2018). Linking teacher coursework training, pedagogies, methodologies and practice in schools for the undergraduate science education student teachers at the National University of Lesotho. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(2), 67-87.
- Maskur, R., Latifah, S., Pricilia, A., Walid, A., & Ravanis, K. (2019). The 7E learning cycle approach to understand thermal phenomena. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 464-474.
- 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.
- Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
- Pantidos, P., & Kaliampos, G. (2023). Designing teaching activities based on the precursor model for electricity in early childhood education. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), 97-106.
- Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
- Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10–11-year-old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137.
- Ravanis, K. (2020). Precursor models of the Physical Sciences in Early Childhood Education students' thinking. *Science Education Research and Praxis*, 76, 24-31.

- Ravanis, K. (2021). The Physical Sciences in Early Childhood Education: theoretical frameworks, strategies and activities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796, 012092. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012092>
- Ravanis, K. (2022). Research trends and development perspectives in Early Childhood Science Education: an overview. *Education Sciences*, 12(7), 456. <https://doi.org/10.3390/educsci12070456>
- 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. (2018). Des représentations aux premiers modèles : Le monde physique dans la pensée des petits enfants. *European Journal of Education Studies*, 5(2), 1-9.
- 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.
- Rodriguez, J., & Castro, D. (2020). Quality improvement in teaching and learning science in primary school settings: using a metaphor to approach the concept of light. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 9(2), 185-194.
- Roulet, B. (1981). L'énergie interne en classe de première. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 631, 613-619.
- Saltier, E. (1997). Le principe de conservation de l'énergie et le théorème de l'énergie mécanique en classe de première. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 794, 957-972.
- Tin, P. S. (2016). Peuvent-ils les enfants de l'âge préscolaire construire un modèle pour la flottaison et l'immersion ? *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 4(2), 72-76.
- Tin, P. S. (2018). Élaboration expérimentale des représentations mentales des élèves de 16 ans sur les concepts thermiques. *European Journal of Education Studies*, 4(7), 141-150.
- 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.
- Tin, P. S. (2022). Représentations mentales et obstacles dans la pensée des enfants de 6 et 11 ans sur la fusion de la glace. *European Journal of Education Studies*, 9(3), 130-139.
- Xezonaki, A. (2022). Gamification in preschool science education. *Adv Mobile Learn Educ Res*, 2(2), 308-320.
- Yuanphan, Y., & Nuangchalerm, P. (2023). The development of grade 10 students' mental models on solutions through model-centered instruction. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 9(1), 93-108.
- Zacharos, K., Antonopoulos, K., & Ravanis, K. (2011). Activities in mathematics education and teaching interactions. The construction of the measurement of capacity in preschoolers. *European Early Childhood Education Research Journal*, 19(4), 451-468.

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/).