



LA CHALEUR ET LA TEMPÉRATURE DANS LA PENSÉE DES ÉLÈVES DE 16 ANSⁱ

Phan Sung Tinⁱⁱ

American Pacific University,
Vietnam

Résumé :

Cet article présente une recherche sur la question de la compréhension des concepts de chaleur et de température ainsi que des phénomènes liés à ces deux concepts. La recherche était qualitative et a été menée avec des entretiens guidés avec des élèves d'environ 16 ans. Les élèves se sont vu présenter 6 tâches virtuelles sur la base desquelles les discussions ont eu lieu. Les résultats ont montré que les élèves ont des difficultés à identifier et à traiter ces concepts, car ils sont influencés par les expériences de la vie quotidienne.

Mots-clés : représentation mentale, chaleur, température, enseignement des phénomènes thermiques

Abstract:

This article presents research on the question of understanding the concepts of heat and temperature as well as the phenomena related to these two concepts. The research was qualitative and was conducted with guided interviews with students around the age of 16. The students were presented with 6 virtual tasks on the basis of which the discussions took place. The results showed that students have difficulty identifying and processing these concepts, as they are influenced by everyday life experiences.

Keywords: mental representation, heat, temperature, teaching of thermal phenomena

1. Introduction

La question de l'importance de la construction de la pensée des élèves avant qu'ils n'abordent les cours de sciences physiques et naturelles organisés à l'école est un sujet qui a été soulevé pendant de nombreuses décennies. Des recherches exhaustives menées dans le monde entier ont mis en évidence la façon dont les enfants forment des entités dans leur pensée sur les phénomènes et les concepts des sciences avant que les enfants

ⁱ HEAT AND TEMPERATURE IN THE MINDS OF 16-YEAR-OLDS

ⁱⁱ Correspondence: email phansungtin@gmail.com

n'entrent à l'école, c'est-à-dire dès l'âge préscolaire (Nertivich, 2014; Ravanis, 2021; Rodriguez, 2018).

Ces entités sont caractérisées et détectées de différentes manières dans la littérature, mais elles sont toujours reconnues comme les premières idées spontanées et intuitives des enfants avec lesquels ils viennent en classe. Bien sûr, il est évident que ce postulat commun affecte de manière significative la manière dont nous devons organiser l'ensemble de nos choix éducatifs tels que les pratiques didactiques, le matériel pédagogique, la formation des enseignants, etc (Arun, 2017, 2108, 2023; Castro, 2018; Ouarzeddine, 2019; Ouarzeddine *et al.*, 2023; Mabejane & Ravanis, 2018; Zacharos *et al.*, 2011).

En effet, des représentations mentales se retrouvent constamment chez des personnes de tous âges qui tentent d'intégrer les sciences physiques et naturelles et les processus d'enseignement, et donc, au niveau de la recherche, deux dimensions importantes ont été systématiquement développées : (a) Dans le premier sens, l'étude, l'identification et la classification des représentations mentales dans divers domaines des sciences comme la mécanique, l'optique, les fluides (Boumghar *et al.*, 2012; Kokologiannaki & Ravanis, 2013; Tin, 2016). (b) Dans la seconde direction, on tente d'utiliser les représentations identifiées à tous les niveaux des processus d'enseignement, qu'ils soient liés à la classe (pratiques, interactions, travaux de laboratoire, etc.) ou à la préparation et au traitement en dehors de la classe (manuels scolaires, programmes d'études, etc.) (Grigorovitch, 2015, 2016; Kotuláková, 2013; Ravanis, 2022; Rodriguez & Castro, 2020).

Cet article présente une étude sur la compréhension des concepts thermiques par des élèves de 15-16 ans, à qui l'on a enseigné les concepts thermiques de base à l'école.

2. Cadre théorique

La question la plus importante pour l'apprentissage dans le contexte plus large de la science est la formation des représentations des concepts et des phénomènes.

Dans le domaine de concepts et des phénomènes thermiques, le langage courant utilise indifféremment des expressions telles que "être chaud ou froid", "avoir ou n'avoir pas de la chaleur", "avoir une température élevée ou basse". Ces expressions traduisent habituellement des sensations, d'ailleurs souvent infidèles, résultant de contacts avec divers corps. Nous qualifions ainsi d'eau chaude de l'eau tiède dans laquelle nous trempions une main qui a séjourné préalablement dans l'eau froide et l'eau froide la même eau si nous avons auparavant passé notre main sous de l'eau chaude. La conduction thermique vient encore compliquer la question : lorsque nous touchons un objet de plastique et un objet de métal, nous sentons que le plastique est plus chaud que le métal même si les deux objets ont la même température. Nous pensons donc que l'objet en plastique est plus chaud que l'objet en métal, ce qui correspond parfaitement à la réalité tangible. Mais il ne faut perdre de vue que nous sommes source de chaleur, que le plastique et le métal ont des conductibilités thermiques différentes et que les sensations

éprouvées ne sauraient nous renseigner sur la température de l'objet plastique ou métallique.

Ces expériences familières font intervenir le phénomène d'échange de chaleur et nécessitent, pour être décrites sans ambiguïté et d'une manière cohérente, des concepts qui sont d'une apparition tardive, comme le concept de chaleur spécifique qui est apparu tardivement et a contribué à la différenciation systématique de la température et de la chaleur. Corrélativement la didactique et la conceptualisation de ces notions se heurtent à de nombreuses difficultés. Les obstacles rencontrés sont-ils imputables aux seules imprécisions du langage ? Comment la pensée naturelle en rend-elle compte ? Quel rôle jouent-elles les expériences familières ? Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont tenté de répondre à ces questions sur les phénomènes thermiques et les concepts qui s'y rapportent.

La recherche qualitative et quantitative antérieure sur les notions de chaleur, d'équilibre thermique et de température montre qu'il y a certaines difficultés persistantes dans les argumentations et les explications des élèves de l'âge préscolaire à la fin de leur scolarité. Parmi eux les obstacles les plus fréquemment rencontrés, constants et durs sont : l'existence de corps chauds et froids par nature, la conception du "froid" et du "chaud" comme des entités distinctes, la relation entre l'état des matériaux et leur température, la distinction entre la chaleur et la température, la compréhension de la température comme une propriété intrinsèque de la matière ou d'un corps et/ou la température comme une mesure de la chaleur, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont ambiguës, l'équilibre thermique n'est pas reconnu (Albert, 1978; Alwan, 2011; Baser, 2006; Bayram *et al.*, 2007; Maskur *et al.*, 2019; Fenditasari *et al.*, 2020; Gebru, 2021; Gönen & Kocakaya, 2010; Kaliampos & Ravanis, 2019; Laval, 1985; Nertivich, 2018; Pathare & Pradhan, 2010; Priyadi *et al.*, 2019; Ravanis, 2013; Rodriguez & Castro, 2014; Tin 2018, 2019; Zimmermann-Asta, 1990).

C'est à ces questions que nous essayons de répondre, en nous appuyant sur le résultat d'une recherche qui sollicitait les connaissances intuitives des élèves sur les concepts de température, de quantité de chaleur, de chaleur spécifique et d'équilibre thermique.

3. Cadre méthodologique

3.1. L'échantillon de la recherche

L'échantillon de l'étude était composé de 47 élèves de 16 ans (âge moyen de 16 ans et 3 mois) et provenait de 2 classes d'une école secondaire dans une zone urbaine avec une population de statut socio-économique mixte. Les élèves étaient volontaires et leur participation à l'enquête s'est faite avec le consentement de leurs parents et de la direction de l'école.

3.2. La procédure

La recherche sur les difficultés des élèves s'est faite par des entretiens individuels guidés. Pour révéler la pensée des élèves et tenter de saisir quelques obstacles à la

conceptualisation, on a construit des questions-situations virtuel mettant en jeu des situations familières. On a utilisé pour leur formulation le vocabulaire du langage courant et on a évité d'utiliser les mots "température" et "quantité de chaleur" afin de ne pas favoriser des mémoires des enseignements antérieures. De plus, nous avons sollicité des raisonnements qualitatifs pour éviter que les difficultés formelles ou de calcul n'occultent les difficultés de conceptualisation.

Chaque entretien a duré environ 30 à 35 minutes. Les enfants devaient répondre à six tâches virtuelles, c'est-à-dire des tâches qui n'ont pas été réalisées. Les entretiens ont été menés dans une salle à l'intérieur des écoles. Les entretiens ont été enregistrés et transcrits, et le contenu des textes qui en ont résulté a été analysé. À partir de l'analyse des réponses des élèves et des dialogues avec les chercheurs, les catégories de difficultés ont émergé en fonction de leur relation avec le modèle scientifique que nous utilisons dans l'éducation.

3.3. Les tâches

Les tâches 1 et 2 cherchent à établir si les élèves distinguent le caractère extensif de la chaleur et le caractère intensif de la température, et s'ils pondèrent intuitivement dans le cas des mélanges les températures et les volumes en présence.

Tâche 1

On dispose d'eau bouillante, chaud, tiède, froide et glacée. On mélange :

- 1) Deux volumes égaux d'eau chaude.
- 2) Deux volumes égaux d'eau, l'une bouillante et l'autre glacée.
- 3) Un grand volume d'eau froide et un petit volume d'eau bouillante.
- 4) Deux volumes d'eau tiède.
- 5) Un grand volume d'eau bouillante et un petit volume d'eau froide.
- 6) Deux volumes égaux d'eau, l'un bouillante et l'autre tiède.
- 7) Un grand volume et un petit volume d'eau chaude.
- 8) Un grand volume d'eau chaude et un petit volume d'eau glacée.
- 9) Deux volumes égaux d'eau, l'une tiède et l'autre glacée.
- 10) Un grand volume d'eau glacée et un petit volume d'eau chaude.
- 11) Deux volumes égaux d'eau froide.

Quelle sera la température de chaque mélange ?

Tâche 2

On mélange :

- 1) Un litre à 25° et un litre à 25°.
- 2) Un litre à 25° et un litre à 10°.
- 3) Neuf litre à 40° et un litre à 40°.
- 4) Quatre litres à 90° et un litre à 10°.

Les tâches 3 et 4 cherchent à savoir si les élèves prévoient un rapport entre volume ou poids, quantité de chaleur et élévation de température, et comment ils anticipent la notion de chaleur spécifique.

Tâche 3

- 1) On place en même temps une grande et une petite casserole pleine d'eau froide sur deux feux identiques de notre cuisinière. L'eau de deux casseroles bouillira-t-elle en même temps ? Pourquoi ?
- 2) On ajoute en même temps un même volume de crème dans un premier café chaud, d'alcool fort dans un deuxième café chaud. La crème et l'alcool sont également froids. Les deux cafés se sont-ils refroidis pareillement ? Pourquoi ?
- 3) Y aura-t-il un café plus chaud que l'autre si vous ajoutez un même poids et non pas un même volume ? Pourquoi ?

Tâche 4

- 1) On place une grande et une petite bouillote d'eau chaude dans deux lits. Seront-elles froides en même temps ? Pourquoi ?
- 2) On place deux bouillotes de même volume et également chaude dans deux lits. L'une est remplie d'eau l'autre est remplie d'huile. Seront-elles froides en même temps ? Pourquoi ?
- 3) Seront-elles froides ensemble si elles contiennent le même poids et pas le même volume ? Pourquoi ?

Les tâches 5 et 6 ont pour but de déceler s'ils acceptent l'idée d'équilibre thermique et comment ils interprètent les sensations.

Tâche 5

- 1) On suspend sur notre balcon ombragé, par une froide journée d'hiver, une veste de duvet et une veste de flanelle pour les aérer. On place un thermomètre dans la poche intérieure de chaque veste. Les valeurs indiquées par les thermomètres dix heures plus tard seront-elles égales ? Pourquoi ?
- 2) On répète l'opération par une chaude journée d'été. Les valeurs indiquées par les thermomètres, dix heures plus tard, seront-elles égales ? Pourquoi ?
- 3) On mange une pizza qui a été maintenue au chaud dans un four à 50°. La pâte vous apparaît-elle aussi chaude que les tomates ? Pourquoi ?

Tâche 6

- 1) On place en hiver deux thermomètres, un dans une botte de paille, l'autre dans la couche de neige qui la recouvre. Les indications fournies par les thermomètres une heure après, sont-elles égales ? Pourquoi ?
- 2) Une voiture est stationnée à l'ombre depuis un jour. Sa carrosserie et ses pneus sont-ils également froids ? Pourquoi ?
- 3) On touche deux parois d'une même pièce qui sont des matières différentes. La première nous paraît froide et l'autre chaude. La matière de quelle paroi on peut utiliser pour nous protéger du froid ? Et du chaud ? Pourquoi ?

4. Résultats

L'examen détaillé des réponses des élèves montre que leurs connaissances à propos des concepts retenus s'édifient principalement sur les expériences familiales. L'élève 21 (E21) dit par exemple : « La bouillote d'eau refroidira plus vite que la bouillote d'huile. Je n'arrive pas à expliquer pourquoi, mais il doit s'agir d'une différence due au matériau ». Dans le même ordre de pensée, une autre élève a déclaré : « Plus le volume d'eau est important, plus l'ébullition sera longue. Lorsque nous mettons de l'eau dans une grande casserole, nous avons besoin de plus de temps que lorsque nous mettons de l'eau dans une petite casserole » (E7).

Il en résulte chez eux une pensée du type intuitive relativement adaptés aux expériences de la vie quotidienne, mais présentant du point de vue des sciences physiques des insuffisances et des distances de modèles scientifiques transposés et utilisés à l'école (Ravanis, 2020; Tin, 2016). Soulignons quelques constatations typiques que nous avons faites et qui consolident les résultats globaux.

Il y a une obsession caractéristique pour les estimations et les prévisions qualitatives. Plus de 8 réponses sur 10 à la tâche 1 répondent de manière qualitative pour la température d'équilibre d'un mélange de deux volumes et en général ces réponses sont satisfaisantes. Même dans la tâche 2, qui donne des données numériques, seuls 4 élèves sur 10 donnent des valeurs numériques pour le mélange.

Un problème important que l'on retrouve également dans cette recherche est le mélange des concepts de chaleur et de température, la chaleur étant pour elle la qualité d'être chaud perçue par le sens. La pensée des élèves ne parvient pas à accepter l'idée d'équilibre thermique. Dans les tâches qui étudient cette question (par exemple la 5.1), plus de 6/10 ne comprennent pas que les températures s'équilibrent.

Un autre constat important est la difficulté totale qu'éprouvent les élèves à aborder le concept de chaleur spécifique, c'est-à-dire un concept qui n'est pas directement lié à un donné sensible. Par exemple à la tâche 3.2, 4/10 élèves attribuent la même capacité thermique à deux volumes égaux de liquide différentes. Les élèves rattachent en général l'inertie thermique au volume, parfois au poids ou à la densité de la matière, mais dans tous les cas à une grandeur physique immédiatement accessible aux sens. « Être également chaud » signifie « procurer la même sensation », plutôt « qu'avoir la même température » et la majorité des élèves se réfèrent à la sensation dans leurs réponses.

L'examen de leurs réponses permet en outre d'inférer quelques caractéristiques de leur pensée. Voyons ci-dessous quelques caractéristiques de base des connaissances des élèves telles qu'elles émergent dans leurs réponses.

Tout d'abord, il est souvent détecté que la chaleur est une substance. Le froid et le chaud acquièrent une existence autonome : « Le tissu de laine retient le chaud et empêche le froid de passer » (E21) ou « la neige est plus compacte et laisse moins vite passer le froid dont elle est d'ailleurs composée » (E11).

Une autre représentation intéressante, qui est également d'une grande importance pour l'enseignement des phénomènes thermiques, est la reconnaissance de l'existence de substances naturellement chaudes ou froides ou de substances qui peuvent stocker du

chaud ou du froid : « le métal est plus froid que le plastique » et « l'alcool produit de la chaleur » (E2), « la flanelle est un tissu qui est toujours froid » (E33).

La constatation de la stabilité de la représentation de l'existence de deux types d'isolants est utile dans l'enseignement. L'un type d'isolant se compose de matériaux intrinsèquement chauds ou capables de la chaleur. L'autre type est faite de matières intrinsèquement froides ou capables la froideur. Par exemple, « J'utiliserais la paroi froide pour me protéger du chaud car elle rejette la chaleur, et celle qui me paraît chaude pour me protéger du froid, car elle garde la chaleur » (E11) ou « Pour le froid, j'utilise du bois retient légèrement la chaleur. Pour le chaud j'utilise de la pierre car elle est éternellement froide » (E26). C'est pourquoi environ la moitié des étudiants tiennent le raisonnement suivant : les matières perçues chaudes au toucher protègent du froid et celles froides au toucher protègent du chaud.

Le type de pensée que l'examen des réponses permet d'inférer fait obstacle à la conceptualisation. En effet, dans un premier temps, la pensée des élèves en vient à une sorte de compétition avec les conceptions plus abstraites que dispense l'enseignement des sciences physiques. Ces conceptions sont certes plus efficaces pour expliquer les phénomènes physiques, mais elles sont souvent moins pertinentes pour rendre compte de phénomènes de la vie quotidienne auxquels les élèves se réfèrent.

On voit alors que la priorité donnée aux qualités sensibles, notamment en liant la chaleur au volume, au poids, à la viscosité ou à la densité de la matière, et en adoptant une attitude sceptique à l'égard de concepts plus abstraits tels que chaleur spécifique, conductibilité thermique, énergie ect. De plus, l'utilisation d'analogies et d'un langage douteux crée des difficultés. Dans le cas des mélanges, les liquides froids neutralisent les liquides chauds ou les substances froides protégeront du chaud et le contraire.

Une autre dimension est l'utilisation d'explications ad hoc pour surmonter les contradictions : « la casserole est un métal qui peut attirer la chaleur quand il fait chaud, et conserver le froid quand il fait froid » (E31). Enfin, il est important d'être toujours attentif aux formes de raisonnement qui persistent en s'attachant à une intuition substantielle qui confère une existence matérielle à la chaleur et au froid ou en témoignant sa confiance aux sensations pour les comparaisons de température.

5. Discussion

Sur la base des données de cette recherche sur les phénomènes thermiques fondamentaux, il apparaît que les représentations mentales des élèves jouent un rôle central dans l'enseignement des sciences physiques. À cet égard, les enseignants devraient se renseigner sur ces représentations dans leurs études afin de pouvoir les utiliser comme point de départ pour l'enseignement, corriger les malentendus et aider les élèves à construire des modèles mentaux précis et complets des concepts.

Ces résultats enrichissent les données existantes et sont compatibles avec celles de la littérature pertinente (Albert, 1978; Alwan, 2011; Baser, 2006; Bayram *et al.*, 2007; Maskur *et al.*, 2019; Fenditasari *et al.*, 2020; Gebru, 2021; Gönen & Kocakaya, 2010; Laval, 1985; Pathare & Pradhan, 2010; Priyadi *et al.*, 2019; Rodriguez & Castro, 2014; Tin 2018,

2019, 2022; Zimmermann-Asta, 1990). En effet, ces résultats montrent l'importance d'étudier les représentations sur la chaleur et la température, même chez les élèves qui sont en fin de lycée et malgré les expériences multiples de l'enseignement qu'ils ont acquis de l'éducation préscolaire. Il est évident, bien sûr, que les concepts de base tels que la chaleur et la température ont la priorité dans les questions d'apprentissage et d'enseignement des concepts thermiques.

Dans le cadre de cette recherche nous avons rencontré des résistances à la conceptualisation relevant de mêmes obstacles dans d'autres domaines de connaissance à acquérir. Par exemple, en optique les élèves pensent par représentations intuitives le mouvement de la lumière dans l'espace et ont de la peine à imaginer ses caractéristiques en fonction du temps, de la formation des ombres (Castro, 2013; Grigorovitch, 2014; Grigorovitch & Nertivich, 2017; Nertivich, 2016; Impedovo *et al.*, 2017; Ravanis, 1998; Rodriguez & Castro, 2016).

Une pensée des se fondant préférentiellement sur les données immédiates qui sont basés sur la réalité quotidienne et dérivés de celle-ci, et reléguant les concepts abstraits constitue, à n'en pas douter, un sérieux obstacle aux conceptualisations nécessaires à la pensée physique pour rendre compte du réel.

Conflict of Interest Statement

The authors declare no conflicts of interests.

About the Author

Phan Sung Tin received his Master's degree from the American Pacific University in Physics Education and teaches at the same College in Vietnam.

Références

- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.
- Alwan, A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics student". *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12, 600-614.
- 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.
- Bayram, C., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., & Çalik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524-536.

- 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.
- Baser, M. (2006). Effect of conceptual change-oriented instruction on remediation of students' misconceptions related to heat and temperature concepts. *Journal of Maltese Educational Research*, 4(1), 64-79.
- 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.
- Fenditasari, K., Jumadi, Istiyono, E., & Hendra. (2020). Identification of misconceptions on heat and temperature among physics education students using four-tier diagnostic test. *Journal of Physics: Conference Series*, 1470, 012055.
- 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.
- Gönen, S., & Kocakaya, S. (2010). A cross-age study on the understanding of heat and temperature. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education*, 2(1), 1-15.
- 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). Environmental education: curriculum, teaching and methodological issues. *Journal of Advances in Environmental Sciences*, 1(1), 41-44.
- Grigorovitch, A. (2016). L'approche des manuels scolaires: comprendre, créer, utiliser, discuter, évaluer. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 67-73.
- 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.
- Impedovo, M. A., Delsérieys-Pedregosa, A., Jégou, C. & Ravanis, K. (2017). Shadow formation at preschool from a socio-materiality perspective. *Research in Science Education*, 47(3), 579-601.
- Kaliampos, G., & Ravanis, K. (2019). Thermal conduction in metals: mental representations in 5-6 years old children's thinking. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika 'Al-BiRuNi'*, 8(1), 1-9.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- 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.
- Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
- 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. (2014). Sciences activities in preschool age: the case of elementary magnetic properties. *Journal of Advances in Humanities*, 1(1), 1-6.
- 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.
- Ouarzeddine, A. (2019). Conceptions initiales des élèves et leur importance opérationnelle dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. *Educrecherche*, 9(1), 24-32.
- Ouarzeddine, A., Ouasri, A., Gomatos, L., & Ravanis, K. (2023). Sciences Physiques et Technologie dans les programmes scolaires de l'enseignement secondaire de 3 pays méditerranéens : le cas de l'Algérie, du Maroc et de la Grèce. *Mediterranean Journal of Education*, 3(1), 81-94.
- Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
- Priyadi, R., Diantoro, M., Parno, & Helmi. (2019). An exploration of students' mental models on heat and temperature: a preliminary study. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 9(2), 114-122.
- Ravanis, K. (1998). Procédures didactiques de déstabilisation des représentations spontanées des élèves de 5 et 10 ans. Le cas de la formation des ombres. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 105-121). Berne: P. Lang.
- 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>
- 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.
- 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.
- 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.
- Zimmermann-Asta, M. L. (1990). *Concept de chaleur : Contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisations dans un processus d'apprentissage*. Thèse de doctorat, Genève : FPSE-Université de Genève.

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/).