

L'approche du monde de la physique à partir des représentations : un projet de formation collaboratif

PHAN SUNG TIN, VU HOANG

American Pacific University
Vietnam
phansungtin@gmail.com

ABSTRACT

This article presents the results of a research carried out with teachers who participated in a collaborative training project based on the representations of nursery and primary school pupils on optical and thermal phenomena. 23 teachers participated in a training seminar on the representations of children, proposed and prepared corresponding didactic activities and for nine school years worked with their pupils on the basis of these activities. The results of this four-year innovation appear to be positive. The project's activities have been used regularly in the classrooms and teachers say they have gained new ideas for their teaching practices.

KEY WORDS

Mental representations, preschool and primary school, physics teaching, teacher training, collaborative project

RÉSUMÉ

Cet article présente les résultats d'une recherche menée auprès d'enseignants ayant participé à un projet de formation collaboratif basé sur les représentations des élèves de l'école maternelle et de l'école primaire sur les phénomènes optiques et thermiques. 23 enseignants ont participé à un séminaire de formation au sujet des représentations des enfants, ont proposé et préparé d'activités didactiques correspondantes et pour neuf années scolaires ont travaillé avec leurs élèves sur la base de ces activités. Les résultats de cette innovation sur quatre ans semblent être positifs. Les activités du projet ont été utilisées régulièrement dans les classes et les enseignants affirment avoir acquis de nouvelles idées pour leurs pratiques didactiques.

MOTS-CLÉS

Représentations, école maternelle et primaire, enseignement de la physique, formation des enseignants, projet collaboratif

CADRE THÉORIQUE

Il y a 50 ans, lorsque la question des représentations mentales a été soulevée dans la manière dont les enfants abordent le monde naturel, un large courant de recherche s'est créé dédié à leur identification dans divers domaines des sciences physiques et naturelles (Sotirova, 2024; Tin, 2017). En effet, dès la petite enfance, les enfants abordent le monde naturel, développent leur curiosité, posent des questions et formulent quelques réponses, résolvent certains problèmes et acquièrent progressivement des connaissances sur les phénomènes naturels. Les représentations sont en interaction constante avec l'environnement socioculturel et éducatif dans lequel l'enfant vit et est formé, et ont donc un caractère actif, développemental et évolutif (Nertivich, 2013;

Sotirova, 2020). Une seconde vague de recherches sur les représentations spontanées des enfants sur le monde physique et ses schématisations scientifiques ou scolaires, comprenait des tentatives de création d'interventions didactiques et éducatives basées sur l'effort de les transformer. Cet effort est fondé sur l'utilisation des représentations des élèves dans l'enseignement de sciences et constitue une approche d'essai d'intégration dans l'école des dispositifs didactiques propres à conduire les élèves à dépasser leurs difficultés et à construire des nouvelles représentations compatibles aux notions scientifiques. Dans le cadre de la didactique des sciences physiques et naturelles, la question de la construction et de la transformation des représentations à l'âge préscolaire, primaire ou secondaire occupe aussi une place importante (Pantidos & Kalliampos, 2023; Rodriguez & Castro, 2016). La recherche qu'on présente à cet article s'inscrit dans le cadre d'un projet collaboratif de formation sur l'utilisation des représentations par les enseignants de maternelle et primaire dans leurs classes (Bordallo & Ginestet, 1993; Castro, 2023; Johnson et al., 1993; Kokotsaki et al., 2016; Larmer et al., 2015).

Le projet collaboratif, dont certains résultats sont présentés dans cet article, vise à s'accorder sur la stabilité de certains choix d'enseignants dans l'enseignement des sciences physiques et naturelles. Les principaux paramètres de l'accord des enseignants pour la participation dans ce projet collaboratif étaient trois : l'étude d'une littérature limitée sur les représentations dans certains sujets scientifiques, la détection des représentations mentales chez leurs propres élèves et le développement de pratiques pédagogiques et didactiques visant à traiter les difficultés identifiées. Cette approche éducative, qui se place dans la perspective de la participation active des enfants, elle se concentre plus généralement sur les difficultés transversales qui découlent des représentations et ne permettent pas aux élèves d'appréhender différentes questions scientifiques : analyse et synthèse de problèmes, compétences de pensée adaptative dans des situations conflictuelles ou de déni de prédictions, raisonnement innovant dans les problèmes du quotidien, compétences métacognitives, capacités de modélisation, c'est-à-dire la construction mentale de modèles compatibles avec les connaissances scientifiques, etc. Dans ce contexte, les efforts se concentrent principalement sur la mise en œuvre linéaire d'une série d'actions : l'identification des représentations, la localisation précise des difficultés d'apprentissage, des processus pédagogiques et didactiques axés sur la résolution des difficultés découlant de ces représentations (Grigorovitch, 2020; Ravanis & Boilevin, 2022; Rodriguez, 2023). Un second objectif fixé dans ce projet collaboratif est d'améliorer la qualité du travail en classe par la mise en œuvre de pratiques innovantes en utilisant des interactions conçues en classe, des ateliers avec des matériaux quotidiens et des compléments aux manuels.

Afin que l'intention d'utiliser les représentations des étudiants soit mise en œuvre efficacement, une réorganisation des mécanismes d'enseignement a été envisagée. En effet, il a été pris soin de s'assurer que les rôles soient représentés différemment que dans les classes scolaires traditionnelles. Les élèves ne sont pas traités comme des récepteurs passifs de connaissances émises, mais comme des modulateurs actifs de nouvelles connaissances. Les enseignants ne sont pas simplement vus comme des applicateurs de constructions théoriques créées par les chercheurs, mais comme des coproducteurs d'une innovation pédagogique et didactique qui conduit, dans leur propre environnement de travail, à la construction d'un espace d'enseignement pouvant favoriser l'appropriation de nouvelles connaissances sur les concepts, les lois et les modèles ainsi que les relations entre le savoir et les méthodes de travail scientifique. Une telle innovation nécessite la création d'une communauté de pratique, c'est-à-dire un groupe d'enseignants qui se réunissent pour partager des idées, des pratiques et des expériences (Noben et al., 2019; Wenger et al., 2002). Dans cet article, certains résultats du fonctionnement de ce groupe sont présentés, notamment en partie des matières d'enseignement qu'ils ont mises en place dans leurs cours, celles des phénomènes optiques et thermiques. Cependant, la question la plus importante était de savoir si les enseignants utilisent encore les éléments de ce projet collaboratif huit ou neuf ans après sa mise en œuvre initiale. Parmi

d'autres, les questions de recherche posées étaient : (a) Les enseignants dans leurs classes utilisent-ils les plans élaborés lors du fonctionnement du groupe collaboratif ? (b) Les enseignants enregistrent-ils les changements dans leurs propres pratiques en classe pendant l'enseignement ? (c) Les enseignants choisissent-ils davantage l'un des deux domaines, c'est-à-dire les phénomènes optiques et thermiques, ou la méthodologie du travail n'est-elle pas influencée par les matières ?

MÉTHODOLOGIE

Le processus de recherche

Au niveau méthodologique, après une analyse de la littérature des représentations des phénomènes optiques et thermiques des élèves de 5 à 12 ans, une recherche de correspondance avec les programmes et les manuels scolaires, et enfin une adaptation de celles-ci aux interventions didactiques appropriées, des séminaires de quatre mois ont été organisés en groupes d'enseignants pour construire d'une communauté de pratique et approfondir ces questions. Au cours de ces séminaires, ces questions liées aux représentations des enfants ont été abordées à deux niveaux avec les thèmes suivants :

- *Phénomènes et concepts de l'optique géométrique.* Dans ce cadre a été discuté une série des recherches concentrées aux représentations mentales des enfants de 5 à 12 ans sur la lumière et ses interactions avec les objets de l'environnement : la lumière comme entité autonome (Arnantonaki, 2016; Castro, 2013; Grigorovitch, 2015; Ravanis, 1999; Ravanis et al., 2002; Rodriguez & Castro, 2016), la propagation rectiligne de la lumière et la formation des ombres (Castro, 2018; Grigorovitch & Nertivich, 2017; Guesne, 1985; Nertivich, 2016; Ravanis et al., 2005, 2010; Voutsinos, 2013), le temps de la propagation de la lumière et la vision (Guesne, 1984; Sotirova, 2018).
- *Phénomènes et concepts thermiques.* L'approche des concepts comme la chaleur, la température ou l'équilibre thermique « se heurte à de nombreuses difficultés. Ces obstacles rencontrés sont-ils dû aux seules imprécisions du langage ? Comment la pensée intuitive en rend-elle compte ? Quel rôle les expériences familières jouent-elles ? » (Nertivich, 2018, p. 136). Pour qu'on puisse donc discuter et exploiter ces difficultés dans le séminaire on a proposé et élaboré un certain nombre des recherches sur les représentations mentales des élèves de 5 à 12 ans par rapport aux concepts et phénomènes cruciaux : la chaleur (Albert, 1978; Gönen & Kocakaya, 2010; Kaliampas & Ravanis, 2019; Tin, 2018), la température (Laval, 1985; Leite, 1999; Ravanis, 2013), les changements d'état (Bayram et al., 2007; Rodriguez & Castro, 2014; Tin, 2019), l'équilibre thermique (Latifah et al., 2019; Pathare & Pradhan, 2010; Tin, 2024).

Une fois ces séminaires terminés, un espace de communication numérique a été créé pour que les enseignants puissent discuter, échanger idées et expériences en lien avec la participation à l'innovation et les tâches pédagogiques qui en découleront. Dans ce contexte, les enseignants ont mis à jour leurs connaissances, découvert à la fois des recherches de terrain et des outils et dispositifs spécifiques afin de remettre en question ou de renouveler leurs propres pratiques pédagogiques.

Dans une troisième phase du processus, un effort a été fait pour l'approfondir, ce qui correspond au développement d'une approche exploratoire et à la préparation à une recherche collaborative. La conception de cette recherche est un soutien continu aux enseignants. Ce soutien a été assuré par deux chercheurs-formateurs (un pour les phénomènes optiques et un pour les phénomènes thermiques), qui ont répondu au téléphone 10 heures par semaine et envoyé des courriels le même jour ou le lendemain. Des activités didactiques communes à

réaliser à distance étaient planifiées en même temps, qui impliquent des interactions entre chercheurs, enseignants et élèves à travers des instruments de communication asynchrone et synchrone. On entend par « activités » des actions didactiques complètes qui s'inscrivent de manière autonome dans l'ensemble du processus pédagogique. Dans le cadre du projet étaient conçues vingt activités principales (10 aux phénomènes optiques et 10 aux phénomènes thermiques) et 8 activités secondaires liées à la méthodologie de travail (4 aux phénomènes optiques et 4 aux phénomènes thermiques) par les enseignants ou par la collaboration et les échanges entre chercheurs spécialistes en didactique de la physique et enseignants. L'ensemble de ces activités étaient accompagnées de fiches caractéristiques qui conduisent les enfants à travailler dans la classe et dans le laboratoire à partir de se fiches de papier. Avec cette approche, les activités ont été testées dans un petit nombre de classes, corrigées et puis ont été appliquées à toutes les écoles participant au projet. La diversité de ce matériel est mise en évidence sur base d'une série de critères : la distinction école maternelle – école primaire, la différenciation entre les phénomènes optiques et thermiques, le choix de la démarche pédagogique, la durée de l'activité et les moyens mis en œuvre. Malgré les différences à l'application des activités l'ensemble des participants s'aboutissaient sur la mise en œuvre d'une démarche contextualisée et féconde par élaboration de situations proposées dans des conditions concrètes et pas loin de la réalité scolaire des élèves. Au cours des longues discussions des enseignants avec les chercheurs et sur la base des enregistrements dans les classes, nous avons organisé à différents niveaux une série de données intéressantes sur le succès du projet (Creswell & Creswell, 2017; Johnson & Christensen, 2024).

Ce projet collaboratif a duré 9 ans. Sur la base des données recueillies lors de ces expériences, les résultats des deux premières années (2017-2019) et des deux dernières années (2024-2026) sont présentés ici.

Échantillon

À cette recherche les deux premières années ont participé 189 enseignants qui avaient une expérience professionnelle de 5 à 10 ans (71 de l'école maternelle et 118 de l'école primaire). La sélection des enseignants s'est faite sur la base de leur disponibilité volontaire pour participer à une recherche sur la mise en œuvre d'une innovation. Cet échantillonnage était basé sur le spectre des classes choisis, l'existence et l'équipement de laboratoire des sciences, la taille des écoles et l'expérience de l'enseignant. Ce projet a duré 9 années scolaires entre 2017 et 2026. Cependant, après les deux premières années, 23 enseignants (8 de l'école maternelle – Groupe M et 15 de l'école primaire – Groupe P) ont continué à participer de leur plein volontariat. Dans cet article, nous présentons les résultats de ces 23 enseignants pour les deux premières et les deux dernières années de mise en œuvre du projet.

RÉSULTATS

L'intégration des représentations des élèves des deux niveaux de phénomènes optiques et thermiques dans les pratiques des enseignants a été satisfaisante. En fait, au niveau quantitatif une majorité d'enseignants ont utilisé un nombre d'activités à chaque année scolaire et il est donc certain que le degré d'intégration des représentations est élevé. Ce résultat répond à la première question de recherche, puisqu'il semble que les enseignants aient été en mesure d'intégrer cette perspective dans leur travail. Au tableau 1 on peut voir le degré de l'intégration des représentations aux activités du projet pour les 4 ans en présentant les fréquences des enseignants ayant choisi de telles activités.

Une constatation intéressante est l'amélioration observée dans les résultats des deux dernières années de mise en œuvre du projet collaboratif. Il apparaît en effet clairement qu'au

fil de ces neuf années, les enseignants semblent prendre conscience de l'importance de tirer parti des représentations des élèves et cherchent donc de plus en plus à les intégrer dans leur enseignement.

TABLEAU 1

Fréquences d'enseignants des groupes M (école maternelle) et P (école primaire) qui utilisent des représentations aux activités du projet

	5-10 activités		10-15 activités		15-20 activités	
	M	P	M	P	M	P
Année 2017-2018	3	6	3	5	2	4
Année 2018-2019	3	5	2	5	3	5
Année 2024-2025	2	4	1	5	5	6
Année 2025-2026	1	4	2	3	5	8

La deuxième question de recherche, qui constitue un autre critère pour évaluer l'efficacité de la conception globale et de la mise en œuvre du projet, est de savoir si les enseignants eux-mêmes estiment avoir modifié leurs pratiques didactiques et s'ils peuvent les relier à l'utilisation de représentations. À partir de l'ensemble des données qui ont permis de recueillir les opinions des enseignants ainsi que leurs pratiques en classe, nous pouvons distinguer trois catégories. Des enseignants dont les pratiques ne s'écartent pas du tout ou ne diffèrent que très peu des pratiques traditionnelles, c'est-à-dire que leurs actions didactiques standard n'ont pas changé, ceux qui changent partiellement leurs pratiques et ceux qui changent complètement leur approche générale de l'enseignement de la physique, en adoptant des pratiques fondées sur l'exploitation des représentations. Le tableau 2 montre les fréquences des enseignants de ces trois catégories.

TABLEAU 2

Fréquences des changements des pratiques des enseignants du groupe M (école maternelle) et du groupe P (école primaire)

	Pas de changement		Changement partiel		Changement total	
	M	P	M	P	M	P
Année 2017-2018	6	11	1	2	1	2
Année 2018-2019	5	9	2	2	1	4
Année 2024-2025	0	2	1	3	7	10
Année 2025-2026	1	2	1	2	6	11

Les données de ce tableau montrent que les résultats du projet sur la question du changement des pratiques des enseignants ont été significatifs. Comme on peut le constater, bien qu'au début il y ait eu beaucoup d'hésitations, les nombreuses années de travail au sein du projet donnent à la fin du programme une image très claire des perceptions des changements dans les pratiques des enseignants tant à l'école maternelle qu'à l'école primaire.

La troisième question de recherche porte sur l'influence éventuelle du domaine d'application de ces activités ; c'est d'ailleurs pour cette raison que deux domaines distincts ont été choisis, à savoir ceux des phénomènes thermiques et optiques. C'est pourquoi nous avons cherché à vérifier s'il existait des différences dans l'enseignement, en fonction des représentations, entre les phénomènes optiques et thermiques, c'est-à-dire si l'un de ces domaines était davantage privilégié par les enseignants. Au tableau 3 on présente les fréquences d'activités sur les phénomènes optiques et thermiques réalisées par les enseignants au sein de leurs classes. Comme on peut constater à ces données il n'y a pas de différences entre les deux types de phénomènes. Cela est même évident dès la première année de mise en œuvre du projet.

TABLEAU 3

Fréquences d'activités sur les phénomènes optiques et thermiques réalisées par les enseignants du groupe M (école maternelle) et du groupe P (école primaire)

	Phénomènes optiques		Phénomènes thermiques	
	M	P	M	P
Année 2017-2018	56	98	51	100
Année 2018-2019	53	97	48	94
Année 2024-2025	55	111	53	120
Année 2025-2026	60	107	55	114

DISCUSSION

Les résultats globaux montrent que le projet collaboratif de formation continue et de pratiques pédagogiques fondées sur les représentations des élèves a été réussi. Malgré l'évaluation raisonnable du succès de ce programme, qui dure de façon impressionnante après le séminaire initial, les enseignants participants doutaient souvent de leur adéquation. Mais, même si les enseignants se sentaient quelque peu distants par rapport aux différentes caractéristiques de l'innovation mise en œuvre, leurs inquiétudes n'ont heureusement pas conduit à un refus de participer ni à une mauvaise réalisation des activités. En effet, lors du stage de formation et lors des premiers tests de production et de validation des activités, en discutant avec les formateurs et les autres enseignants, ils ont exprimé des incertitudes. Cependant, comme nous pouvons le constater, cette perception a progressivement commencé à évoluer à mesure que les enseignants mettaient en place des activités dans leurs classes et constataient que les résultats d'apprentissage étaient satisfaisants. En réalité, nous remarquons ici le décalage temporel entre la mise en œuvre d'activités fondées sur les représentations des élèves et la certitude que l'animation et la participation à ces activités entraîne un changement plus ou moins important des principes sur lesquels les enseignants fondent leur enseignement.

« Un autre problème soulevé par les enseignants est la pertinence du travail qu'ils ont fait par rapport aux initiatives d'autres enseignants qui travaillaient au même niveau scolaire. Cette question a conduit, d'une part, à la multiplication d'informations internes sur le développement du programme et d'autre part à la création de groupes thématiques spécifiques parmi les enseignants de la même spécialité et fonction dans l'école. Finalement, ce cycle de 'préoccupation des enseignants - réorganisation des conditions de mise en œuvre du projet - travail à un nouveau niveau' a conduit à la satisfaction des enseignants et à un sentiment

d'efficacité et de participation productive au processus. De plus, ils trouvent que cette innovation éducative leur a permis d'être mieux à l'écoute d'eux-mêmes par une réflexion attentive de leur qualité de procéder et leur a également permis de progresser dans l'appropriation des pratiques didactiques adaptées à une exploitation appropriée de la recherche sur les représentations des élèves » (Hoang, 2019, pp. 311-312).

Par ailleurs, un élément important qui est ressorti des entretiens menés par les chercheurs auprès des enseignants à la fin de chaque cycle du programme, c'est la satisfaction exprimée par les enseignants, qui ont reconnu que la mise en œuvre du projet collaboratif avait permis de créer un cadre pédagogique fonctionnel et stable sur plusieurs années. Cela permet en fait l'hypothèse de consolidation dans leurs pratiques quotidiennes après la fin du programme, d'une perspective d'utilisation constante des représentations des étudiants.

L'objectif principal de ce projet collaboratif était de créer un nouvel horizon de pratiques didactiques pour les enseignants chargés d'enseigner les sciences physiques et naturelles. Sur la base d'un concept central de la didactique, les représentations des concepts et des phénomènes de la nature par les élèves, l'idée des obstacles rencontrés par ces représentations a émergé, de sorte que les pratiques pédagogiques tendent à affronter et surmonter les difficultés et à entrer dans un chemin de transformation de leurs représentations naïves. Bien que nous ne disposions pas de données sur l'efficacité de nouveaux raisonnements et sur les éventuels changements dans la représentation des élèves, il a été constaté que cette innovation a été bien accueillie par les enseignants participants et leurs écoles, car la mise en œuvre de cette innovation dans un éventail remarquable de jardins d'enfants et d'écoles primaires semble susciter leur intérêt et renouveler leurs pratiques. Cela a bien sûr été renforcé par les interventions des chercheurs qui ont accordé une attention particulière aux obstacles que les élèves doivent rencontrer lors des activités, en raison de leur représentation des phénomènes visuels et thermiques discutés.

Enfin, des enjeux importants subsistent tant pour les enseignants que pour les chercheurs : l'expansion du réseau des écoles mettant en œuvre le projet dans l'avenir et la création de liens permanents entre écoles, enseignants et chercheurs, en vue d'étendre le projet à d'autres sujets d'apprentissage.

RÉFÉRENCES

- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.
- Arnantonaki, D. (2016). Un modèle précurseur sur la lumière pour les élèves de 10 à 11 ans : Cadres théoriques et méthodologiques. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 74-83.
- 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.
- Bordallo, I., & Ginestet, J.-P. (1993). *Pour une pédagogie du projet*. Paris: Hachette Éducation.
- 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. (2023). Les projets éducatifs à l'école maternelle et primaire : Le cas des sciences physiques. *European Journal of Alternative Education Studies*, 8(3), 32-41.

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- 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. (2015). Teaching optics perspectives: 10-11 year old pupils' representations of light. *International Education & Research Journal*, 1(3), 4-6.
- 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.
- Grigorovitch, A. (2020). L'enseignement des phénomènes optiques dans un cadre de démarche d'investigation. *European Journal of Education Studies*, 7(6), 147-156.
- 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.
- Hoang, V. (2019). L'enseignement de la physique à partir des représentations : Un projet collaboratif. *European Journal of Education Studies*, 6(9), 306-315.
- Johnson, R. B., & Christensen, L. B. (2024). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. Sage.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1993). *Circles of learning: Cooperation in the classroom* (4th ed.). Edina, MN: Interaction Book Company.
- 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. <https://doi.org/10.24042/jipfalfbiruni.v8i1.3737>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267-277.
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning*. ASCD.
- Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
- Latifah, S., I Irwandani, I., Saregar, A., R Diani, R. Fiani, O., Widayanti, W., & Deta, U.A. (2019). How the Predict-Observe-Explain (POE) learning strategy remediates students' misconception on Temperature and Heat materials? *Journal of Physics: Conference Series*, 1171, 012051.
- Leite, L. (1999). Heat and temperature: An analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 75-88.
- Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58.
- 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.

- Noben, N., Higuët, S., & Denis, B. (2019). Le développement de communautés de pratique : Indicateurs de succès et freins. *Éducation & Formation*, e-313, 25-38.
- Pantidos, P., & Kaliampou, G. (2023). Designing teaching activities based on the precursor model for electricity in early childhood education. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), 97-106. <https://doi.org/10.26220/mje.4502>.
- 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. (1999). Représentations des élèves de l'école maternelle : Le concept de lumière. *International Journal of Early Childhood*, 31(1), 48-53.
- 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., & Boilevin, J.-M. (2022). What use is a Precursor Model in early Science teaching and learning? Didactic perspectives. In J.-M. Boilevin, A. Delserieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 33-49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3_3
- Ravanis, K., Papamichaël, Y. & Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: the conception of light for ten-year old children. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
- Ravanis, K., Zacharos, K., & Vellopoulou, A. (2010). The formation of shadows: The case of the position of a light source in relevance to the shadow. *Acta Didactica Napocensia*, 3(3), 1-6. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1056131>.
- Ravanis, K., Charalampopoulou, C., Boilevin, J.-M., & Bagakis, G. (2005). La construction de la formation des ombres chez la pensée des enfants de 5-6 ans : procédures didactiques sociocognitives. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 36, 87-98. https://www.persee.fr/doc/spira_0994-3722_2005_num_36_1_1327.
- 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. (2023). Les caractéristiques générales de la transformation dans la pensée des élèves : Un exemple de l'optique géométrique élémentaire. *European Journal of Education Studies*, 10(2), 80-91.
- Sotirova, E.-M. (2018). Cartes conceptuelles et formation des enseignants du primaire. Le cas de la vision dans l'optique géométrique. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(2), 22-31.
- Sotirova, E.-M. (2020). Primary school teacher's practices and student's mental representations: The learning objects option. *European Journal of Education Studies*, 5(2), 91-101. <http://dx.doi.org/10.46827/ejoe.v5i2.3327>
- Sotirova, E.-M. (2024). Représentations mentales, obstacles et enseignement des sciences physiques. *European Journal of Education Studies*, 11(3), 154-165. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v11i3.5244>
- 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. (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. (2024). La chaleur et la température dans la pensée des élèves de 16 ans. *European Journal of Education Studies*, 11(6), 1-12.

Voutsinos, C. (2013). Teaching Optics: Light sources and shadows. *Journal of Advances in Physics*, 2(2), 134-138.

Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.