

ISRG Journal of Arts, Humanities and Social Sciences (ISRGJAHSS)



ISRG PUBLISHERS

Abbreviated Key Title: ISRG J Arts Humanit Soc Sci

ISSN: 2583-7672 (Online)

Journal homepage: <https://isrgpublishers.com/isrgjahss>

Volume– IV Issue -I (January - February) 2026

Frequency: Bimonthly



L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : approches différenciées

Phan Sung Tin

American Pacific University, Vietnam

| **Received:** 07.02.2025 | **Accepted:** 16.02.2025 | **Published:** 20.02.2025

***Corresponding author:** Phan Sung Tin

American Pacific University, Vietnam

Abstract

In the text presented here, a special approach to learning and teaching science is discussed. This is the approach known in recent decades as Inquiry-Based Science Teaching. In the introductory part, the well-known problematic and theoretical framework of the investigative approach is briefly presented, and its fundamental characteristics are highlighted. In the following, some features of the approach to primary and secondary education are discussed, with emphasis on general characteristics but also on differences. Finally, four distinct working techniques in the context of this approach to teaching science are presented and examples are given.

Keywords: Inquiry based science teaching, Science Education, teaching approaches

1. Introduction

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ("Inquiry-Based Science Teaching – IBST", souvent désigné en français comme "démarche d'investigation") est une approche pédagogique et didactique dans laquelle les apprenants construisent activement leurs connaissances scientifiques à travers des processus proches de ceux utilisés par les scientifiques. C'est-à-dire que cette approche met l'accent sur le questionnement, l'exploration, l'expérimentation, l'analyse de données et l'argumentation fondée sur des preuves (Arun, 2019; Castro, 2020; Bruner, 1960; Draganoudi et al. 2023; Nertivich, 2026; Prajapati, 2025). L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation constitue une approche pédagogique centrale dans la didactique contemporaine des sciences physiques et naturelles. Il s'inscrit dans le cadre plus large de l'Inquiry-Based Science Education (IBSE), largement promue par les institutions éducatives

internationales et européennes comme un levier pour améliorer la qualité de l'enseignement scientifique et le développement des compétences scientifiques chez les apprenants de tous âges.

La démarche d'investigation se caractérise par l'engagement actif des élèves dans des processus cognitifs et pratiques analogues à ceux mobilisés dans l'activité scientifique. L'apprentissage est initié à partir de phénomènes observables ou de situations-problèmes, donnant lieu à un questionnement structurant qui oriente l'investigation. Les élèves sont amenés à formuler des prévisions et des hypothèses, à concevoir et réaliser des expériences, à collecter et analyser des données, puis à interpréter les résultats obtenus à la lumière des concepts scientifiques visés. Sur le plan épistémologique, la démarche d'investigation repose sur une conception constructiviste et socio-constructiviste de l'apprentissage, selon laquelle les connaissances scientifiques sont

construites progressivement par les apprenants à travers l'interaction entre leurs conceptions initiales, l'expérience empirique et la médiation pédagogique (Aizri Fadillah et al., 2025; Arun, 2023; Grigorovitch, 2020; Tin, 2024). Cette approche met en évidence la dimension processuelle de la science, en valorisant non seulement les savoirs établis, mais également les pratiques scientifiques telles que le raisonnement hypothético-déductif, l'argumentation fondée sur des preuves et la communication scientifique. Du point de vue des finalités éducatives, la démarche d'investigation vise à favoriser une compréhension conceptuelle approfondie des phénomènes scientifiques, à développer la pensée critique et l'autonomie intellectuelle des élèves, et à renforcer leur compréhension de la nature des sciences (Nature of Science), ainsi que la motivation des apprenants et leur engagement cognitif dans l'apprentissage des sciences.

Afin d'effectuer ces réalisations ambitieuses, au fil des années, les principales options pédagogiques et didactiques se sont cristallisées, qui, malgré leur caractère schématique, constituent désormais un champ commun d'accord. Ainsi, les séquences d'enseignement fondées sur l'investigation suivent généralement une structuration en phases, bien que celles-ci ne soient ni strictement linéaires ni uniformes selon les modèles théoriques. Ces phases comprennent typiquement l'observation initiale et la problématisation, la formulation d'hypothèses, la planification et la mise en œuvre de l'investigation, l'analyse des résultats, ainsi que la mise en commun, l'argumentation et l'institutionnalisation des savoirs scientifiques. Pour achever l'introduction, la démarche d'investigation est applicable à l'ensemble des niveaux éducatifs, sous réserve d'adaptations didactiques tenant compte du développement cognitif et intellectuel des apprenants. Nous verrons dans la section suivante les caractéristiques particulières de cette approche aux différents niveaux scolaires.

2. L'enseignement des sciences physiques et naturelles : la démarche d'investigation aux différents niveaux scolaires

2.1. La démarche d'investigation à l'école maternelle et primaire

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation constitue une approche particulièrement pertinente dans le contexte de l'école maternelle et primaire, où l'apprentissage des sciences vise avant tout la construction progressive de concepts fondamentaux, le développement du langage scientifique, la verbalisation progressive des expériences vécues et l'initiation aux pratiques de la démarche scientifique. Dans ces niveaux éducatifs, la démarche d'investigation s'inscrit dans une perspective de familiarisation avec les sciences plutôt que dans une logique de formalisation disciplinaire stricte.

À l'école maternelle, l'investigation repose principalement sur l'exploration sensorielle, l'observation du comportement de phénomènes du quotidien, le questionnement guidé par l'enseignant. Les situations d'apprentissage sont construites à partir d'objets ou de phénomènes familiers aux enfants, comme par ex., la lumière (Castro, 2013; Grigorovitch, 2014), les aimants (Yuksel & Bryan, 2023), favorisant l'émergence de questions spontanées ou posées. L'activité scientifique se manifeste alors par des actions telles que manipuler, comparer, trier, observer et décrire, plutôt que par une expérimentation formalisée. Dans ce contexte, le rôle de l'enseignant est central pour accompagner la verbalisation des

observations, structurer le langage, faire émerger les représentations et soutenir la construction de premières relations causales.

Au niveau de l'école primaire, l'enseignement fondé sur l'investigation gagne en structuration méthodologique. Les élèves sont progressivement amenés à formuler des prévisions et/ou hypothèses explicites, à concevoir des protocoles simples et à identifier certaines variables pertinentes. Les activités d'investigation visent à développer une compréhension conceptuelle élémentaire des phénomènes étudiés, tout en consolidant des compétences transversales telles que l'argumentation, la coopération et l'utilisation de représentations (schémas, tableaux, graphiques simples). La démarche d'investigation permet ainsi d'articuler apprentissages conceptuels et pratiques scientifiques de manière cohérente. Sur le plan didactique, la démarche d'investigation à ces niveaux scolaires repose sur un guidage pédagogique important, souvent qualifié d'investigation guidée ou semi-guidée. Ce guidage est nécessaire pour éviter une surcharge cognitive et pour assurer l'alignement entre les activités proposées et les objectifs d'apprentissage. L'enseignant intervient pour orienter le questionnement, expliciter les enjeux scientifiques, réguler les échanges entre élèves et favoriser l'institutionnalisation progressive des savoirs.

Les phases de la démarche d'investigation à l'école maternelle et primaire ne se présentent pas nécessairement comme une succession linéaire d'étapes formalisées. Elles prennent plutôt la forme d'un cycle itératif comprenant l'observation d'un phénomène, la formulation de questions, l'exploration ou l'expérimentation, la mise en commun des résultats et la structuration des connaissances. Cette flexibilité est essentielle pour s'adapter aux capacités cognitives et langagières des jeunes apprenants.

Du point de vue des finalités éducatives, la démarche d'investigation à l'école maternelle et primaire vise à développer des dispositions positives à l'égard des sciences, à renforcer la curiosité intellectuelle et à initier les élèves à la nature des sciences (Nature of Science) à travers des expériences concrètes et signifiantes. Elle contribue également à l'acquisition de compétences langagières, notamment par la verbalisation des observations, l'argumentation collective et la mise en mots des raisonnements.

En définitive, l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, lorsqu'il est adapté aux spécificités de l'école maternelle et primaire, constitue un cadre didactique puissant pour soutenir le développement cognitif, langagier et scientifique des élèves, tout en posant les bases d'une culture scientifique durable.

2.2. La démarche d'investigation à l'enseignement secondaire

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation constitue une approche privilégiée dans l'enseignement secondaire, où l'apprentissage des sciences vise à la fois l'appropriation de concepts scientifiques formalisés et le développement de compétences méthodologiques et épistémologiques associées aux pratiques scientifiques. À ce niveau scolaire, la démarche d'investigation s'inscrit dans une perspective d'articulation étroite entre contenus disciplinaires, raisonnement scientifique et compréhension de la nature des sciences.

Dans l'enseignement secondaire, l'investigation est généralement structurée autour de problèmes scientifiques explicitement formulés, souvent ancrés dans des contextes disciplinaires précis

(physique, chimie, biologie, sciences de la Terre). Les situations d'apprentissage sont conçues pour amener les élèves à mobiliser des connaissances antérieures, à formuler des hypothèses argumentées et à concevoir des protocoles expérimentaux ou des démarches d'analyse adaptées. L'accent est mis sur la rigueur méthodologique, le contrôle des variables et l'interprétation critique des résultats.

Comparativement aux niveaux primaire et préscolaire, la démarche d'investigation au secondaire se caractérise par un degré d'autonomie plus élevé accordé aux élèves. Ceux-ci sont progressivement impliqués dans des formes d'investigation semi-guidées ou ouvertes, dans lesquelles ils prennent en charge certaines décisions relatives à la démarche expérimentale ou à l'analyse des données. Cette autonomie reste toutefois encadrée par l'enseignant, afin de garantir la validité scientifique des démarches et la cohérence avec les objectifs curriculaires.

Le rôle de l'enseignant dans l'enseignement secondaire est celui d'un médiateur expert qui assure un équilibre entre liberté d'investigation et structuration conceptuelle. Il intervient pour soutenir le raisonnement scientifique, expliciter les cadres théoriques sous-jacents et favoriser l'argumentation fondée sur des preuves. L'enseignant joue également un rôle clé dans l'institutionnalisation des savoirs, en aidant les élèves à relier les résultats empiriques aux modèles scientifiques formalisés.

Les séquences de la démarche d'investigation à l'enseignement secondaire suivent généralement une organisation en phases relativement explicites : problématisation, formulation d'hypothèses, planification de l'investigation, collecte et analyse de données, interprétation des résultats et communication scientifique. Toutefois, ces phases peuvent s'inscrire dans des cycles itératifs, reflétant la nature non linéaire de l'activité scientifique réelle.

Sur le plan épistémologique, la démarche d'investigation dans l'enseignement secondaire contribue de manière significative à la compréhension par les élèves de la nature des sciences (Nature of Science), en mettant en évidence le caractère provisoire des connaissances scientifiques, le rôle des modèles, ainsi que l'importance de l'argumentation et du consensus au sein de la communauté scientifique. Cette dimension est essentielle pour développer une pensée critique et une culture scientifique éclairée (Hoang, 2019; Sotirova, 2017).

Enfin, l'IBST au secondaire poursuit des finalités éducatives multiples : approfondissement des connaissances disciplinaires, développement de compétences scientifiques transférables (raisonnement, analyse, communication), et préparation des élèves à des études scientifiques ultérieures ou à une citoyenneté informée. De nombreuses recherches indiquent que, lorsqu'elle est mise en œuvre de manière rigoureuse et adaptée, cette approche favorise l'engagement cognitif des élèves et améliore la qualité des apprentissages scientifiques.

3. Démarche de l'investigation : convergences et divergences dans des approches spécifiques

L'approche de la démarche de l'investigation est davantage un cadre général dont la large acceptation est inhérente aux différenciations et spécialisations dans différents sujets d'apprentissage et d'enseignement. Cependant, une enquête bien organisée dont les activités sont guidées par des prédictions

simples ou des hypothèses fondées, conduit à la sélection et à l'élaboration de ressources intellectuelles et matérielles qui doivent être sélectionnées en fonction de leur pertinence pour la résolution du problème examiné. Ce sont précisément ces choix, bien qu'ils s'inscrivent dans la même approche, qui permettent de distinguer différents aspects des processus d'enseignement qui, bien sûr, sont liés à la matière d'apprentissage et aux capacités matérielles des écoles, c'est-à-dire les moyens et infrastructures dont elles disposent. Voyons maintenant certaines de ces aspects qui coexistent souvent et se succèdent au sein d'un même processus didactique. Cependant, nous les présentons comme des situations micro-didactiques distinctes en raison de leur diversification claire et de leur utilisation, avec des règles apparentes et d'une manière différente.

L'investigation par la démonstration. Cette approche est très ancienne et pourrait être marginalement incluse dans les approches d'investigation. En effet, ici les concepts sont présentés comme des faits fixes à partir desquels les élèves doivent commencer à tirer des conclusions, soit par des questions posées par l'enseignant, soit par leur propre observation directe des phénomènes ou des arrangements expérimentaux. Compte tenu de la nature directrice de l'approche globale, cette perspective méthodologique a été critiquée dans le contexte plus large des vues constructives sur l'apprentissage et l'enseignement (Mabejane, 2015, 2016; Mabejane & Ravanis, 2018). Cependant, il est important d'en comprendre l'intérêt, car inévitablement, dans toute forme d'investigation, il y a des moments où l'activité dominante de l'enseignant est nécessaire. Par exemple, un sujet qui intéresse toujours les programmes scolaires incluant les questions d'apprentissage de l'optique est la compréhension de la formation des ombres. Dans les activités didactiques sur ce sujet, les enfants peuvent souvent identifier les endroits où il y a une ombre uniquement là où des ombres apparentes se forment sur différentes surfaces. Cependant, cela ne leur permet pas de comprendre l'ombre comme un obstacle à la lumière et, par conséquent, les enseignants sont obligés de prendre l'initiative d'un guidage détaillé sur le parcours étape par étape de la lumière, sa chute sur des objets opaques, le rôle d'obstacle que ces objets opaques jouent dans le passage de la lumière et l'apparition de l'ombre (Grigorovitch, 2015; Grigorovitch & Nertivich, 2017a; Nertivich, 2016; Ravanis et al., 2005, 2010; Voutsinos, 2013).

L'investigation par le questionnement. Cette approche est dominée par la planification de l'enseignant qui, afin d'organiser son enseignement, étudie le matériel pédagogique et pose des questions auxquelles il répond afin de mettre en valeur ses actions. La reproduction de ce cours au niveau des pratiques pédagogiques dans de vraies conditions de classe fait remonter à la surface une série de questions, à peu près les mêmes que celles auxquelles l'enseignant a été confronté en premier. Ainsi, l'enseignement est organisé autour de l'effort de répondre progressivement à ces questions, en utilisant des mécanismes de réflexion tels que les métaphores ou les analogies (Rodriguez & Castro, 2016; Sander, 2025) ou la conflit cognitive (Ravanis, 2025; Ravanis, Papamichaël & Koulaidis, 2002). Au cours de cet effort, les élèves ont l'occasion d'enquêter, de faire des prédictions et des hypothèses, et de formuler des arguments et des contre-arguments. Par exemple, lorsque les enseignants de la maternelle, du primaire ou du secondaire, selon leurs programmes, tentent d'enseigner le magnétisme élémentaire, ils essaient de répondre aux besoins d'apprentissage au niveau des capacités que les différents âges prescrivent. En fait, si l'on suit la trajectoire des questions posées

par les chercheurs qui étudient le sujet du magnétisme de l'apprentissage aux différents niveaux scolaires, on verra une succession de situations d'enseignement expérimental sur une échelle de difficulté que les élèves devront suivre en passant d'un niveau d'éducation à un autre (Basri et al., 2025; Grigorovitch & Nertivich, 2017b; Nertivich, 2013, 2014; Yuksel & Bryan, 2023).

L'investigation par la discussion. C'est une forme d'investigation, qui repose sur la création d'un cadre de discussion dans lequel l'enseignant et les élèves sont constamment impliqués, parfois de façon asymétrique, parfois dans des relations symétriques (Castro & Rodriguez, 2014; Rodriguez, 2019; Voutsinos, 2025). Dans cette perspective, le dialogue est continu, les plans d'enquête sont communs, les procédures expérimentales sont menées en collaboration entre l'étudiant ou des groupes d'étudiants avec l'enseignant, les résultats et conclusions de l'enquête sont collectivement traités. Par exemple, dans l'étude des phénomènes thermiques tels que les changements d'état, il est nécessaire de faire des prédictions, des manipulations expérimentales, des enregistrements de données nécessitant une interaction continue. Dans ce contexte, le rôle de l'éducateur ne peut pas simplement être de poser des questions constantes. Ici, il y a place à la création d'un véritable environnement dialogique dans lequel les prédictions d'un changement d'état solide à liquide ou liquide à gazeux, des variations et de la stabilité des températures au cours de l'évolution des phénomènes ainsi que la création des tableaux des données imposent une communication continue (Nertivich, 2018; Ravanis, 2013, 2014; Rodriguez & Castro, 2014; Tin, 2018, 2019, 2022; Zulkpli & Surat, 2022).

L'investigation par le travail en laboratoire. Il s'agit d'une stratégie éducative basée principalement sur les expériences créées par les élèves eux-mêmes lors de divers processus d'enseignement coordonnés et visant à influencer positivement les compétences, attitudes et connaissances dans des environnements d'interaction pédagogique (Arun, 2023; Rodriguez, 2023). Il peut y avoir des hésitations et des objections à cette approche car, pour l'inclure dans la démarche d'investigation, il faut pouvoir clairement soutenir qu'elle diffère des actions classiques dans les laboratoires scolaires où les élèves agissent simplement dans des environnements totalement contrôlés. Peut-être pourrait-elle être validée, si l'on peut affirmer que les trois approches précédentes y émergent à des moments différents et dans des conditions particulières. Cela signifie que cette approche n'a pas d'autonomie mais peut être intégrée à l'orientation de l'enquête dans la mesure où elle intègre des éléments de toutes les autres. Par exemple, nous pouvons retracer des éléments de cette approche dans des enquêtes portant sur des sujets tels que le concept de couleur (Hoang, 2020; Mediphat & Hoang, 2025), les propriétés de l'air (Dayabou, Madougou, & Chekaraou, 2025a, 2025b; Kontili et al., 2023), la propagation d'ondes telles que la lumière ou le son (Ravanis, Kaliampas & Pantidos, 2021; Voutsinos, 2025).

4. Discussion

L'approche d'investigation à l'apprentissage et l'enseignement des sciences physiques et naturelles est une proposition contemporaine, mais elle a atteint sa maturité car, au cours des trois dernières décennies, elle a fait l'objet d'élaborations multidimensionnelles dans différents pays et traditions éducatives ainsi qu'à tous les niveaux d'éducation. Ces expériences ont mis en lumière l'effet positif des caractéristiques fondamentales des processus exploratoires sur les questions d'apprentissage, mais en même temps la complexité des problèmes qui surviennent. En effet,

l'horizon général est commun, mais les différences individuelles d'âge, de matières d'enseignement, de systèmes éducatifs, de capacités matérielles, de programmes scolaires, etc., sont en réalité nombreuses, et c'est pourquoi nous ne pouvons pas parler de méthode, comme la démarche d'investigation est souvent abordée. De ce point de vue, cette approche est davantage un cadre d'orientation générale des choix et pratiques didactiques et/ou pédagogiques, et moins une entité théorique avec des concepts généralement acceptés et une structure spécifique.

Cependant, comme l'ont souligné Mediphat & Hoang (2025), dans ce contexte général que nous avons mentionné, Il existe des éléments constants qui sont parfois liés aux élèves ou aux enseignants, et parfois à leurs relations et interactions. Par exemple, lorsque les élèves réalisent des procédures expérimentales et des mesures, les enseignants interviennent pour identifier des obstacles insurmontables, que ce soit dans les concepts qu'ils traitent ou dans les manipulations en laboratoire. Cette activation mutuelle menant à des interactions et des pratiques collaboratives prépare généralement le terrain pour un équilibre des rôles au cours de la recherche, qui est étroitement liée à la nature exploratoire du contexte.

Un autre point important qui a émergé est le choix rationnel du type d'approche exploratoire. Comme nous l'avons vu, les plans pour le développement d'activités d'investigation différent nécessairement lorsqu'il s'agit de l'enseignement primaire ou secondaire. Aussi évident que cela soit de soi, la recherche de solutions « pratiques » aux problèmes d'enseignement nous empêche de voir les différences et favorise des réponses sans ambiguïté.

Enfin, l'approche d'investigation destinée aux enseignants, aux formateurs et aux organismes institutionnels de formation des enseignants, comme outil intègre les pratiques classiques de la classe ou de laboratoire des sciences y compris les TICE, et intégrera bientôt l'intelligence artificielle pour automatiser certaines tâches comme la génération de programmes scolaires ou des planifications sur la formation (Caena, 2014).

Références

1. Aizri Fadillah, M., Usmeldi, U., & Ravanis, K. (2025). ICT-based physics learning: what activities are most important to predict students' confidence? *International Journal of Science Education*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2527377>
2. Arun, Z. (2019). Le passage des sciences physiques et naturelles à leur didactique : réflexions sur un cadre pour la formation des enseignants. *European Journal of Education Studies*, 6(2), 50-60.
3. 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. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v10i7.4852>
4. Basri, N. A., Kusairi, S., Sunaryono, Ivan Danar Aditya Irawan, I. D., & Dirgah Kaso Sanusi, D. K. (2025). Teachers' perspectives on students' conceptual difficulties in magnetism: Challenges and instructional implications. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(3), 493-506. <https://doi.org/10.26618/w21dyv67>
5. Bruner, J. (1960). *The Process of Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
6. Caena, F. (2014). Initial teacher education in Europe: An overview of policy issues. *European Commission*.

7. Castro, D. (2013). Light mental representations of 11–12-year-old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
8. Castro, D. (2020). The scientific experience as teaching reality. *European Journal of Alternative Education Studies*, 5(2), 49-59.
9. Castro, D., & Rodriguez, J. (2014). 8–9-year-old pupils' mental representations of light: teaching perspectives. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 2(1), 40-44.
10. Dayabou, E. C., Madougou, S., & Chekaraou, I. (2025a). Représentations de la pression atmosphérique chez les élèves de troisième de Niamey au Niger. *Revue SAHEL / GATES*, 1, 194-230. <https://edition-efua.acaref.net/sahel-gates-mai-2025/>
11. Dayabou, E. C., Madougou, S., & Chekaraou, I. (2025b). Analyse des représentations des élèves de troisième sur la notion de la pression atmosphérique dans les établissements de Niamey au Niger. *LAKISA, Revue des Sciences de l'Éducation*, 4(8). <https://doi.org/10.55595/lakisa.v4i8.213>
12. Draganoudi, A., Lavidas, K., Kaliampou, G., & Ravanis, K. (2023). Developing a research instrument to record preschool teachers' beliefs about teaching practices in Natural Sciences. *South African Journal of Education*, 43(1), 2031. <https://doi.org/10.15700/saje.v43n1a2031>
13. 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.
14. Grigorovitch, A. (2015). La formation des ombres : représentations mentales des élèves de 7-9 ans. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 102-109.
15. Grigorovitch, A. (2020). L'enseignement des phénomènes optiques dans un cadre de démarche d'investigation. *European Journal of Education Studies*, 7(6), 147-156.
16. Grigorovitch, A., & Nertivich, D. (2017a). Représentations mentales des élèves de 10-12 ans sur la formation des ombres. *European Journal of Education Studies*, 3(5), 150-160.
17. Grigorovitch, A., & Nertivich, D. (2017b). Introduction to magnets for lower primary school students. *European Journal of Education Studies*, 3(3), 144-154.
18. Hoang, V. (2019). L'enseignement de la physique à partir des représentations : un projet collaboratif. *European Journal of Education Studies*, 6(9), 306-315.
19. Hoang, V. (2020). 14-year-old student representations related to the color: a teaching intervention. *European Journal of Alternative Education Studies*, 5(1), 44-53.
20. Kontili, E.-M., Kaliampou, G., & Ravanis, K. (2023). Mental representations of children 4-6 years old about air in 'open' and 'closed' space. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), 11-21. <https://pasithee.library.upatras.gr/mje/article/view/4398>
21. Mabejane, M. R. (2015). Science teacher training within the education system in Lesotho and the realities on the ground. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 70-83.
22. Mabejane, M. R. (2016). Physical Sciences student teachers training: theoretical and practical aspects. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 123-134.
23. 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. <http://dx.doi.org/10.46827/ejae.v0i0.1967>
24. Mediphat, M., & Hoang, V. (2025). Color in the minds of 15-year-old students: an exploratory and didactic approach. *ISRG Journal of Arts Humanities & Social Sciences*, 3(6), 42-47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17505153>
25. Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58. <https://doi.org/10.24297/jap.v2i1.2103>
26. Nertivich, D. (2014). Sciences activities in preschool age: the case of elementary magnetic properties. *Journal of Advances in Humanities*, 1(1), 1-6.
27. 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.
28. Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
29. Nertivich, D. (2026). La démarche d'investigation dans l'enseignement des Sciences Physiques et Naturelles : tendances et courants. *ISRG Journal of Arts Humanities & Social Sciences*, IV(1), 35-41. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18150647>
30. Prajapati, S. (2025). Advancing Science Education: A comprehensive review of pedagogical innovations from 2010-2023. *Asian Journal of Applied Science and Technology*, 9(1), 89-106.
31. 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. <https://doi.org/10.12681/ppej.38>
32. Ravanis, K. (2014). Les représentations des enfants de 5-6 ans sur la fusion et la solidification du sel, comme support pour le déploiement des activités didactiques. *International Journal of Research in Education Methodology*, 6(3), 943-947.
33. Ravanis, K. (2025). The concept of Cognitive Conflict in Science Education: structural and functional aspects. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 20(Número especial - 20 Años REIEC), 38-51. <https://doi.org/10.54343/reiec.v20iEspecial.517>
34. Ravanis, K., Kaliampou, G., & Pantidos, P. (2021). Preschool children science mental representations: the sound in space. *Education Sciences*, 11(5), 242. <https://doi.org/10.3390/educsci11050242>
35. 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.

36. 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>
37. 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
38. Rodriguez, D. (2019). Interactions didactiques en sciences physiques. Une stratégie pour l'enfant d'âge préscolaire. *European Journal of Alternative Education Studies*, 4(2), 89-102.
39. 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.
40. 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. <https://doi.org/10.24297/jah.v1i1.5151>
41. 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.
42. Sander, E. (Ed.) (2025). *Metaphors for Education*. John Wiley & Sons.
43. Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
44. 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.
45. 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.
46. 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. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v9i3.4209>
47. 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.
48. Voutsinos, C. (2013). Teaching Optics: light sources and shadows. *Journal of Advances in Physics*, 2(2), 134-138.
49. Voutsinos, C. (2025). 9–10-year-old students' ideas about light as an entity: teaching perspectives. *European Journal of Alternative Education Studies*, 10(2), 53-64. <http://dx.doi.org/10.46827/ejae.v10i2.6131>
50. Yuksel, T., & Bryan, L. (2023). Students' Models of magnetic interactions: A comparative analysis of accurate and inaccurate models over a ten-year interval. *Science Insights Education Frontiers*, 18(1), 2785-2824.
51. Zulkipli, F., & Surat, A. (2022). Les idées des élèves du secondaire sur les concepts thermiques. *Mediterranean Journal of Education*, 2(2), 75-82. <https://doi.org/10.26220/mje.4463>