



DIFFICULTÉS LIÉES À L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES EN LABORATOIRE : POINTS DE VUE DES ENSEIGNANTSⁱ

Zebun Arunⁱⁱ

Indian Institute of Science and Engineering,
New Delhi, India

Résumé :

Cet article présente les résultats d'une recherche sur les difficultés rencontrées par les enseignants dans l'enseignement des sciences physiques au laboratoire. Sur la base d'une enquête préalable, trois niveaux de difficultés ont été sélectionnés, qui sont liés à trois facteurs du processus éducatif : l'élève, l'enseignant et le programme scolaire. À l'aide d'un questionnaire spécifique, les points de vue de 232 professeurs de sciences physiques de l'enseignement secondaire ont été étudiés et les résultats ont révélé l'importance de certaines difficultés dans l'enseignement des sciences en laboratoire scolaire.

Mots-clés : enseignement des sciences physiques, enseignant, laboratoire scolaire

Abstract:

This article presents the results of research on the difficulties teachers face in teaching physical science in the laboratory. Based on a pre-survey conducted, three levels of difficulties were selected that are related to three factors of the educational process: the student, the teacher and the school program. Using a specific questionnaire, the views of 232 secondary school physical science teachers were studied and the results revealed the importance of certain difficulties in teaching science in the school laboratory.

Keywords: physical science education, teacher, school laboratory

1. Introduction

La question de l'approche des sciences à l'école a été étudiée sous de nombreux angles depuis plusieurs décennies. De nombreuses recherches ont mis en évidence les multiples obstacles qui créent des difficultés dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences physiques et naturelles. Bien entendu, ces questions recouvrent deux grandes familles de difficultés : celles liées à l'apprentissage et celles liées à l'enseignement. Il est certain que

ⁱ DIFFICULTIES OF LABORATORY PHYSICAL SCIENCES TEACHING: TEACHERS' PERSPECTIVES

ⁱⁱ Correspondence: email zebunarun@gmail.com

dans ces deux catégories, des difficultés différentes émergent, bien qu'elles apparaissent souvent ensemble et se croisent au cours de l'enseignement. L'exemple le plus typique d'un tel concept est peut-être celui des représentations mentales, c'est-à-dire les entités qui se forment dans la pensée des enfants pour interpréter les phénomènes du monde naturel. Ces entités sont un élément clé de ce que l'enfant apprend dans son environnement social, naturel et familial quotidien (Grigorovitch, 2015; Fratiwi et al., 2020; Kokologiannaki & Ravanis, 2013; Timbili et al., 2023; Tin, 2018, 2022), mais elles sont aussi des éléments importants sur lesquels se basent les interventions pédagogiques car elles doivent être transformées en d'autres éléments plus compatibles avec les modèles scientifiques (Castro, 2018; Grigorovitch, 2014; Maskur et al., 2019; Ravanis, 2020; Rodriguez, 2023).

Il existe de nombreuses orientations en matière de recherche et d'application des résultats des recherches de la didactique des sciences physiques sur l'ensemble des âges des élèves et des niveaux scolaires (International Council for Science (2011); Hodson, 1990; Ravanis, 2017, 2021; Wellington, 1998). Mais pour enseigner les sciences, nous devons choisir les méthodes qui sont particulièrement appropriées au sujet. Après de nombreuses années de recherches pertinentes, nous savons que nous ne pouvons pas utiliser une seule méthode pour enseigner les sciences. L'enseignant doit utiliser plusieurs méthodes pour obtenir les meilleurs résultats. Mais cette combinaison doit être conforme au niveau cognitif des élèves dans les différentes classes, car certaines méthodes ne conviennent qu'à certains niveaux, étant donné que les différentes méthodes développent des compétences différentes chez les élèves. Dans la littérature contemporaine, il est évident que les méthodes innovantes, qui sont importantes pour les cours de sciences, sont multiples : cours magistral, méthode de démonstration, méthode de projet, méthode de laboratoire, résolution de problèmes, apprentissage planifié, micro-enseignement, etc. (Franse, 2008).

C'est précisément cette complexité de l'enseignement des sciences qui rend nécessaire une éducation de base polyvalente et une formation continue des enseignants à tous les niveaux de l'école (Arun, 2019; Mabejane, 2016; Ravanis, 2022). La reconnaissance de ce besoin multidimensionnel suggère que l'enseignant en sciences doit être conscient et posséder toutes les connaissances et compétences nécessaires à un enseignement efficace des sciences. Mais quels sont les domaines contemporains vers lesquels la formation des enseignants devrait être orientée ? Quels sont les axes novateurs d'un effort sur la base duquel l'éducateur pourrait être efficace et utile pour ses élèves ? À l'époque moderne, les questions liées à la formation sont plus vastes. Pour les concepteurs et les institutions de formation des enseignants, les préoccupations actuelles sont surtout pédagogiques, c'est-à-dire en lien avec l'efficacité des actions de formation (mise à disposition de moyens et de dispositifs efficaces pour les apprenants et dont l'impact peut être mesurable) (Arun, 2017; Harman et al., 2015; Ouarzeddine et al., 2022). Pour répondre à cet enjeu, la gestion de la diversité des profils des enseignants est un élément à prendre en considération lorsqu'on cherche à motiver un groupe. En effet, en suivant une même formation, les ambitions de ces derniers sont souvent personnelles :

ils s'intéressent naturellement à des sujets qui peuvent leur permettre d'évoluer dans leur carrière, d'élargir leur cercle de compétences. Et celles-ci ne leur sont pas forcément communes. Les parcours hybrides sont ici les plus adaptés puisqu'ils prévoient à la fois des moments de regroupement et des moments asynchrones où l'apprenant peut se focaliser sur des éléments en lien avec ses propres objectifs, tout en ne pénalisant pas la dynamique de groupe. Par conséquent, l'acculturation au digital est fondamentale pour les formateurs, qui peuvent s'en servir pour mieux aborder les conflits de motivation et d'intérêts personnels tout en n'abandonnant pas le présentiel et l'interactivité de groupe (Alderman, 2008; Arun, 2018; Pugh et al., 2010).

Les formateurs et les enseignants-chercheurs s'interrogent souvent sur la mémoire, la transmission optimale des savoirs. Pour ainsi dire, ils doivent susciter l'attention des apprenants, leur motivation et leur satisfaction au regard de l'effort qu'ils ont fournie, qu'ils peuvent obtenir via des actions de récompense. Les formateurs et les enseignants-chercheurs doivent s'intéresser à l'apprenant, à ses problématiques et à son environnement. C'est comme cela qu'il peut espérer avoir de l'attention en retour. Dans ce sens, la motivation à susciter doit être de nature intrinsèque plutôt qu'extrinsèque : le formé doit être motivé par sa satisfaction et non par des injonctions (Alderman, 2008; Kirkham, 1983; Pugh et al., 2010).

Autre pylône important de l'engagement des apprenants est la curiosité. La curiosité se renforce grâce à l'exploitation des connaissances et des compétences acquises. Ici, les échanges jouent un rôle important et doivent s'appuyer sur l'encouragement est au mécanisme de reconnaissance de l'effort. L'objectif est donc de s'adresser aux individus et de parier sur leur intelligence et évidemment sur leur discipline. Les formateurs et les enseignants-chercheurs doivent, enfin, s'interroger sur l'évolution de leur métier qui peut générer et renouveler des programmes de formation. Un changement d'attitude s'impose. Ils peuvent s'orienter vers davantage d'équipage, de remédiation, de construction de liens sociaux (Arun, 2019; Hoang, 2019; Petrovici, 2008). Dans cet environnement intellectuel et malgré les nouveaux enjeux qui ont émergé et que nous avons brièvement décrits, les grands problèmes traditionnels persistent, et ce d'autant plus dans les pays en voie de développement. Nous tenterons ensuite de résumer les principales difficultés.

Dans les programmes des sciences physiques, l'accent est mis autant sur les questions théoriques et les connaissances que sur la dimension « laboratoire ». En effet, les traditions empiristes et de construction habituelles, malgré leurs énormes différences, sont orientées vers la connaissance (Hoang, 2022; Lewin, 2004; Mabejane & Ravanis, 2018; Saregar et al., 2020). Cependant, l'un des principaux objectifs de l'enseignement des sciences physiques est de développer une compréhension de la méthode expérimentale. De nombreuses activités de laboratoire, c'est-à-dire les expériences, sont en fait des exercices avec du matériel de laboratoire, qui permettent aux étudiants de se familiariser avec certains appareils et compétences ou de démontrer certaines lois, certains concepts et modèles. Dans la salle du laboratoire, l'enseignant ne doit fournir que le matériel et un ensemble d'instructions indicatives (Sotirova, 2017). Un programme de laboratoire bien

organisé suscite l'intérêt des élèves pour le sujet et la matière scientifique au point qu'ils choisissent des professions scientifiques. Le laboratoire peut aider les élèves à acquérir et à retenir les différents types de connaissances qui sont en jeu dans la science. En rendant les phénomènes plus vivants et mémorables et en entraînant les étudiants à l'utilisation de théories, de lois, de modèles et de concepts, ils peuvent renforcer et développer la matière présentée lors des discussions en cours (Kwok, 2015). En montrant aux élèves comment les données sont obtenues, analysées et interprétées, on les aide à comprendre ce qu'est la science, à acquérir un large éventail de compétences, des compétences cognitives supérieures telles que la résolution de problèmes, l'esprit d'analyse et l'esprit critique, et à développer des attitudes souhaitables. Une atmosphère d'excitation, de curiosité, d'intérêt et d'enthousiasme pour les sciences physiques devrait être encouragée dans le laboratoire, tempérée par la prudence et la retenue dans l'utilisation des appareils et des techniques. Le respect du problème, des matériaux et des résultats problématiques de l'expérience doit être développé (Warren, 1983). L'expérience en laboratoire n'est qu'un moyen parmi d'autres de développer les objectifs de l'enseignement des sciences physiques. Correctement réalisée, elle peut être l'une des méthodes d'enseignement et d'apprentissage les plus efficaces.

Un enseignement rationnel et efficace des sciences exige une conception et une configuration particulières des salles de classe, car l'enseignement ne se limite pas à la présentation de faits et d'informations spécifiques, mais fait appel à des mécanismes de réflexion et à des activités pratiques. La salle de sciences peut être utilisée pour de nombreux types d'activités et doit donc pouvoir être facilement convertie d'une salle de classe en un espace de laboratoire (Sigauke et al., 1993). Une fois le lieu choisi, la première chose à considérer est le type de salle de classe scientifique, c'est-à-dire s'il s'agit d'une salle de classe scientifique dans laquelle toutes les sciences physiques et naturelles sont enseignées ou d'une salle de classe spécialisée pour des sujets spécifiques, tels que la chimie. Une classe de sciences idéale comporte une zone où les élèves se rassemblent pour les présentations orales et les démonstrations et d'autres zones où les expériences et les travaux pratiques sont réalisés. La flexibilité est assurée par la réorganisation des places assises pour les discussions, les activités de groupe ou les projets de plus grande envergure. Les exigences spécifiques pour ces salles de classe modernes sont un bon revêtement de sol, un système complet d'extinction des incendies, une isolation phonique, un bon éclairage et un système d'occultation, un système de chauffage et de ventilation fonctionnel (Hamurcu, 1998; OECD, 1999). Elle doit également comporter des tables d'étudiants avec des surfaces résistantes aux acides, un évier en pierre avec des robinets d'eau, des drains en plomb, des prises électriques, des appareils à tension normale et basse, des espaces de rangement, des appareils à gaz (ou des lampes à alcool), un nombre suffisant de prises de courant, etc.

Dans cette enquête descriptive, nous étudions le point de vue d'enseignants expérimentés sur les principales difficultés de l'enseignement des sciences physiques à l'aide d'expériences dans le laboratoire.

2. Le cadre méthodologique

L'enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire dont les questions ont été sélectionnées sur la base des réponses données par 20 professeurs des sciences physiques très expérimentés qui ont participé à des entretiens individuels. Ces entretiens ont donné lieu à des discussions approfondies sur les problèmes liés à l'apprentissage des sciences en laboratoire et leur analyse a permis de dégager les 6 facteurs les plus importants, dont 2 pour l'étudiant, l'enseignant et le programme. Nous avons présenté ces 6 choix prédominants de 20 enseignants (physiciens et chimistes) à un échantillon de 232 enseignants des sciences physiques du secondaire dans un questionnaire avec une échelle de réponse à 5 niveaux. Les enseignants ont été sélectionnés par le biais d'une invitation par courrier électronique et ceux qui ont accepté de participer ont rempli un formulaire en ligne. L'échantillon était donc constitué de volontaires. Ces enseignants ont été répartis en deux groupes en fonction de leurs années d'expérience dans l'enseignement : jusqu'à dix ans (121 enseignants) et plus de dix ans (111 enseignants).

3. Résultats et discussion

Dans cette section, nous présentons et discutons les résultats de cette recherche. Les tableaux indiquent les taux de réponse pour les deux groupes d'enseignants.

3.1. Difficultés liées aux élèves

Les deux premières questions concernent l'opinion des enseignants sur les difficultés rencontrées par les étudiants dans les travaux de laboratoire.

3.1.1. Question 1 : Que pensez-vous de l'affirmation suivante : "Les élèves n'ont pas de compétences en laboratoire et leur travail n'a donc pas d'effet significatif" ?

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 1.

Tableau 1 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 1

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	89	81
D'accord	11	19
Ni d'accord ni en désaccord	-	1
Pas d'accord	11	10
Pas du tout d'accord	10	-
Total	121	111

Comme l'ont montré les premiers entretiens avec les 20 enseignants, la question des compétences de laboratoire des élèves est reconnue comme très sérieuse. Les enseignants

des deux groupes ne montrent aucune variation dans leurs choix et soulignent majoritairement la question des compétences en laboratoire.

3.1.2. Question 2. Quel est votre avis sur ce point de vue : "Les élèves n'ont pas l'habitude de prendre des initiatives et sont donc tout aussi inactifs en classe et en laboratoire " ?

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 2.

Tableau 2 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 2

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	59	82
D'accord	11	13
Ni d'accord ni en désaccord	7	3
Pas d'accord	24	10
Pas du tout d'accord	20	3
Total	121	111

En ce qui concerne les initiatives des étudiants, nous constatons qu'il existe une certaine différence entre les réponses des deux groupes, étant donné que de nombreux jeunes enseignants semblent prendre leurs distances par rapport à cet aspect. Sans que cette différence soit statistiquement significative, elle montre une certaine tendance qui est probablement liée à la manière dont les enseignants eux-mêmes laissent de la place aux initiatives de leurs élèves. Il semble que ce ne soit pas une coïncidence si ces opinions sont exprimées par des enseignants plus jeunes.

3.2. Difficultés liées aux enseignants

Les troisième et quatrième question portent sur les difficultés importantes que rencontrent les enseignants dans le domaine de l'enseignement en laboratoire.

3.2.1. Question 3. Que pensez-vous de la vue : "Les professeurs de sciences ne disposent pas de la formation pédagogique et didactique nécessaire pour enseigner efficacement en laboratoire et en classe".

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 3.

Tableau 3 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 3

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	32	45
D'accord	24	20
Ni d'accord ni en désaccord	22	-
Pas d'accord	31	37

Pas du tout d'accord	12	9
Total	121	111

La question des compétences pédagogiques et didactiques des professeurs de sciences est fréquemment soulevée dans tous les systèmes éducatifs. Souvent, les enseignants ne s'impliquent pas dans ce débat pour des raisons personnelles, sociales et professionnelles. Ici, cependant, il semble qu'ils n'hésitent pas à répondre à la question et leurs réponses se répartissent entre "d'accord" et "pas d'accord" pour les deux groupes d'enseignants. Toutefois, il semble que les enseignants plus âgés ressentent davantage le manque de formation pédagogique et didactique que leurs collègues plus jeunes, mais la différence n'est pas significative.

3.2.2. Question 4 : Ces dernières années, de plus en plus de voix se sont élevées pour dire que les technologies numériques pouvaient être parfaitement combinées à l'enseignement des sciences en laboratoire, mais que les enseignants ne disposaient pas des capacités numériques nécessaires. Que pensez-vous de ce point de vue ?

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 4.

Tableau 4 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 4

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	17	25
D'accord	19	24
Ni d'accord ni en désaccord	-	-
Pas d'accord	44	35
Pas du tout d'accord	41	27
Total	121	111

En ce qui concerne les compétences numériques nécessaires à l'enseignement des sciences de laboratoire, la majorité des enseignants n'est pas d'accord pour dire qu'il y a un déficit de connaissances. Cette tendance est plus marquée dans le groupe des jeunes enseignants, mais c'est normal car ils sont plus connectés aux technologies numériques. Cependant, les différentes formes de formation et l'influence de la réalité quotidienne en général permettent aux enseignants plus âgés d'avoir une bonne approche du sujet.

3.3. Difficultés liées aux programmes

Les deux dernières questions mettent en évidence les difficultés du travail scolaire en laboratoire de sciences liées aux programmes scolaires.

3.3.1. Question 5 : Que pensez-vous de l'opinion suivante qui préoccupe souvent les professeurs de sciences physiques : "La structure de l'emploi du temps n'est pas propice à l'enseignement des sciences en milieu de laboratoire" ?

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 5.

Tableau 5 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 5

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	107	94
D'accord	14	16
Ni d'accord ni en désaccord	-	1
Pas d'accord	-	-
Pas du tout d'accord	-	-
Total	121	111

Les réponses à cette question montrent un accord général sur la question de savoir si les programmes scolaires favorisent l'enseignement des sciences en laboratoire. L'accord massif des enseignants des deux groupes est un message clair aux décideurs qui élaborent les programmes.

3.3.2. Question 6 : Que pensez-vous de l'affirmation suivante : "Le matériel contenu dans les programmes ne permet pas un enseignement systématique des sciences en laboratoire" ?

Le tableau ci-dessous montre la fréquence des réponses des enseignantes à la question 6.

Tableau 6 : Fréquence des réponses des enseignants à la question 6

Catégorie de réponse	Équipe d'enseignants ayant moins de dix ans d'expérience	Équipe d'enseignants ayant plus de dix ans d'expérience
Tout à fait d'accord	82	77
D'accord	17	12
Ni d'accord ni en désaccord	-	-
Pas d'accord	18	21
Pas du tout d'accord	4	1
Total	121	111

À cette question, une grande majorité d'enseignants indique, comme à la question précédente, la nécessité d'une réorientation des programmes scolaires vers un enseignement des sciences en laboratoire. Les anciens et les nouveaux enseignants soulignent clairement le contenu du programme scolaire et sa distance par rapport aux besoins d'un enseignement scientifique efficace dans l'enseignement secondaire.

Dans cette étude, on a tenté d'étudier les points de vue des professeurs de sciences sur les difficultés qu'ils rencontrent dans l'enseignement en laboratoire. Une méthodologie a été utilisée qui a permis de mettre en évidence non pas un large éventail de problèmes, mais les principaux problèmes, que l'on a ensuite tenté de vérifier. Dans le cadre général de la recherche, il a semblé particulièrement important de séparer les axes

en trois niveaux : l'apprenant, l'enseignant et le programme. Cette distinction peut conduire à des études individuelles des difficultés dans le cadre de futures recherches spécialisées.

Aux trois niveaux d'approche des difficultés, des tendances générales ont été observées et des questions ouvertes liées aux spécificités et aux caractéristiques des étudiants et des programmes ont été identifiées. Dans ces dimensions, l'opinion des enseignants revêt une grande importance. Le cas de l'identification des difficultés pour les enseignants eux-mêmes nécessite une analyse plus ciblée, plus détaillée et plus spécifique, car leurs réponses semblent refléter des hésitations à identifier les problèmes liés à leur propre rôle.

Conflict of Interest Statement

The author declares no conflicts of interest.

About the Author

Zebun Arun is an associate at the Indian Institute of Science and Engineering and has a degree in physics and a postgraduate degree specializing in science teacher education.

Références

- Alderman, M. K. (2008). *Motivation for achievement: Possibilities for teaching and learning*. New York: Routledge.
- 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. (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.
- 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.
- Franse, R. (2008). *Science is Primary. Onderzoeken en ontwerpen in groep 1 en 2*. Nationaal Centrum voor Wetenschap en Technologie: Hands-on, Brains-on. Te verkrijgen via R. Franse, science center NEMO.
- Fratiwi, N. J., Samsudin, A., Ramalis, T. R., Saregar, A., Diani, R., Irwandani, I., Rasmitadila, R., & Ravanis, K. (2020). Developing MeMoRI on Newton's Laws: for identifying students' mental models. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 699-708.

- Grigorovitch, A. (2014). Children's misconceptions and conceptual change in Physics Education: the concept of light. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 1(1), 34-39.
- Grigorovitch, A. (2015). La formation des ombres : représentations mentales des élèves de 7-9 ans. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 102-109.
- Hamurcu, H. (1998). Security in Science course. *Hacettepe University Journal of Education*, 14, 29-32.
- Harman, G., Cokelez, A., Dal, B., & Alper, U. (2016). Pre-service science teachers' views on laboratory applications in science education: the effect of a two-semester course. *Universal Journal of Educational Research*, 4(1), 12-25.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
- Hoang, V. (2019). L'enseignement de la physique à partir des représentations : un projet collaboratif. *European Journal of Education Studies*, 6(9), 306-315.
- Hoang, V. (2022). Recherche et développement d'activités scientifiques pour la petite enfance. *European Journal of Alternative Education Studies*, 7(1), 114-123.
- International Council for Science [ICSU] (2011). Report of the ICSU, Ad-hoc Review Panel on Science Education. Paris: International Council for Science, Paris. Retrieved from <http://www.icsu.org/publications/report.pdf>
- Kirkham, W. J. (1983). The training of teachers for practical work in science. In N. K. Lowe (Ed.), *New trends in school science equipment* (pp. 113-122). Paris, France: UNESCO.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Kwok, P. W. (2015). Science laboratory learning environments in junior secondary schools. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(1), 1-28.
- Lewin, K. M. (2004). The pre-service training of teachers – Does it meet its objectives and how can it be improved? *Background Paper for EFA Global Monitoring Report*.
- 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.
- 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.
- OECD (1999). School Science Laboratories: Today's Trends and Guidelines. *PEB Exchange, Programme on Educational Building*, No. 1999/03, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/467124308827>.

- Ouarzeddine, A., Gomatos, L., & Ravanis, K. (2020). Étude comparative des systèmes de formation initiale et continue des enseignants en Algérie et en Grèce. *European Journal of Education Studies*, 6(10), 67-85.
- Petrovici, C. (2008). Résultats d'une enquête sur les compétences et les rôles essentiels des instituteurs. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 2(1/2), 97-109.
- Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K., Stewart, V., & Manzey, C. (2010). Motivation, learning and transformative experience: A study of deep engagement in science. *Science Education*, 94, 1-28.
- Ravanis, K. (2017). Early Childhood Science Education: state of the art and perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 284-288.
- 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.
- Ravanis, K. (2022). Research trends and development perspectives in Early Childhood Science Education: an overview. *Education Sciences*, 12(7), 456.
- 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.
- Saregar, A., Mulyani, H., Yetri, Y., Anugrah, A., & Ravanis, K. (2020). An analysis of epistemological learning barriers on Newton's law material in engineering class. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 1(2), 77-86.
- Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
- Sotirova, E.-M. (2020). Réflexions sur les objectifs de l'éducation scientifique. *European Journal of Education Studies*, 7(2), 172-180.
- Sigauke, A., Mabejane, M., Shao, J., & Varghese, T. (1993). Exploring low cost materials: Low-cost practical science examinations for developing countries. In W. Patrick, G. Brian, H. Richard, M. Laurence (Eds.), *The Harare Generator: Innovative Ideas and Techniques for Science Educators in Africa* (pp. 154-163). Harare, Zimbabwe: International Council of Scientific Unions.
- Timpili, D., Kaliampou, G., & Ravanis, K. (2023). Representations of children 5-6 years old about electric current: a qualitative approach. *Journal of Educational Technology and Instruction*, 2(1), 1-14.
- 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. (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.
- Warren, K. (1983). The use of local resources for practical work in science education. In N. K. Lowe (Ed.), *New trends in school science equipment* (pp. 29-34). Paris, France: UNESCO.

Wellington, J. (1998). Practical Work in Science: Time for a re-appraisal. *Practical Work in School*. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school: which way we now?* (pp. 3-15). London and New York: Routledge.

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/).