



## LE PASSAGE DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES À LEUR DIDACTIQUE : RÉFLEXIONS SUR UN CADRE POUR LA FORMATION DES ENSEIGNANTS<sup>i</sup>

Zebun Arun<sup>ii</sup>

Indian Institute of Science and Engineering,  
New Delhi, India

### Résumé:

Cet article présente un cadre de réflexions pour la transition des professeurs de sciences physiques et naturelles du monde des disciplines vers celui de la didactique. Après avoir examiné l'équilibre entre connaissances scientifiques et connaissances scolaires et leur relation complexe avec la formation des enseignants, nous présentons les éléments théoriques et pratiques nécessaires à la création d'un type particulier de séminaire de formation. Enfin, la structure d'un tel séminaire est présentée dans le domaine de l'enseignement de l'optique géométrique.

**Mots-clés :** formation des enseignants des sciences expérimentales, école maternelle et primaire, séminaire de formation en optique géométrique

### Abstract:

This article presents a framework of reasoning for the transition of physical and natural science teachers from the world of disciplines to that of didactics. After discussing the balance between scientific knowledge and school knowledge and their complex relationship with teacher training, we present the theoretical and practical elements that are considered necessary for the creation of a special type of training seminar. Finally, the structure of such a seminar is presented in the field of geometric optics teaching.

**Keywords:** training of teachers of experimental sciences, kindergarten and primary school, training in geometrical optics seminar

### 1. Introduction

Pendant la période de la formation des enseignants la construction des concepts scientifiques transposés et adaptés à l'enseignement, l'approche des conceptions de la

---

<sup>i</sup> THE PASSAGE OF PHYSICAL AND NATURAL SCIENCES IN THEIR DIDACTICS: REFLECTIONS ON A FRAMEWORK FOR THE TEACHERS TRAINING

<sup>ii</sup> Correspondence: email [zebunarun@gmail.com](mailto:zebunarun@gmail.com)

didactique et la mise en évidence des démarches pédagogiques et méthodologiques sont rapprochées souvent et de manière aussi étroite que possible. C'est le même enseignant qui garantit les perspectives cognitives et didactiques. Il prépare son cours en utilisant d'outils didactiques variés, destinés au départ pour les élèves auxquels il s'adressera ensuite. Une approche serrée de ces outils permet d'en chercher les difficultés, de mettre en évidence les originalités judicieuses. Des connaissances additionnelles sont fournies par d'autres ressources ou par le cours lui-même. La formation en didactique est un cadre des actions et des activités qui fait intervenir réflexions critiques, sens des enjeux et des obstacles, recherches, innovations et expérimentations pédagogiques. La soutenance théorique des données pédagogiques et didactiques est assurée par des cours de pédagogie théorique et expérimentale, de psychologie cognitive, génétique et développementale, de sociologie de l'éducation, de méthodologies générales, de sciences physiques et naturelles et de didactique des sciences.

Au vue de ce qui précède, une question très importante est comment nous nous situons par rapport au débat engagé actuellement à propos de la formation des enseignants, débat tendant très souvent à opposer savoirs disciplinaires et pédagogies (Arun, 2017, 2018). Si effectivement la fonction principale de l'éducation scientifique est la transmission des savoirs scientifiques, la maîtrise de tels savoirs par les futurs enseignants, n'est qu'une condition nécessaire et essentielle à la transmission de ceux-ci, mais pas une condition suffisante. Sans connaissances des différents moyens qu'il est possible de mettre en œuvre pour permettre aux élèves de s'approprier le savoir, ce qu'on appelle les pédagogies, le maître le plus savant dans sa discipline et mal à l'aise, notamment s'il s'adresse à des élèves jeunes qui peuvent être totalement étrangers et isolés à des contenus et des modes de pensée que l'adulte cultivé est parvenu à maîtriser à l'issue d'efforts et de cheminements dont il a lui-même le plus souvent perdu le souvenir. Retrouver des modes de raisonnement primitifs, saisir comment s'articulent et s'intègrent les connaissances est un travail très délicat que tout enseignant n'a pas le loisir et la possibilité de faire pour tous les contenus de son enseignement et pour toutes les classes d'âge auxquelles il est confronté au cours de sa carrière (Tin, 2019). Ce savoir doit donc lui être transmis, au même titre que le savoir scientifique qui fonde sa discipline et que les différentes technologies éducatives axées sur le processus de communication (Arun, 2019). Comment faire alors pour que les enseignants parviennent à une maîtrise suffisante des savoirs et des pratiques ? Dans cette question fondamentale, la planification et la mise en œuvre d'un séminaire-cadre de référence de formation sont abordées.

Plus spécifiquement, la structure du séminaire comprend un large éventail de sujets basés sur les axes suivants: représentations et conceptualisations, caractère construit de tout classement, sens et but du classement en sciences physiques et naturelles, rôle didactique du pré-test à la recherche en didactique et sa place dans une séquence d'apprentissage, technique d'interrogation à réponses simultanée par l'ensemble de la classe, définition des objectifs éducatifs et didactiques relatifs aux matières divers, règles de rédaction des objectifs, évaluation de leur pertinence et de

leur opportunité psycho-pédagogique et conceptuelle, cohérence nécessaire entre objectifs et la méthodologie utilisée, difficultés relatives aux activités de terrain et comment les surmonter, évaluation des qualités et de limites des activités, relation avec les représentations des élèves, nécessité toute relative d'effectuer les activités en période favorable par rapport à la planification du temps didactique, pratique collaboratives du laboratoire avec les élèves, analyses des exercices proposées, liaison avec les objectifs définis, décodage des exercices en terme d'observation des élèves par le professeur, informations scientifiques complémentaires fournies par le professeur recherchées dans des documents, en fonction de questions formulées ou ressenties, mise en évidence de la nécessité pour tout enseignant de mettre au point pour lui-même, un réseau d'information et de sources documentaires scientifiques et didactiques, évaluation des acquis des élèves, sens des évaluations sommatives et formatives, analyses des questions, types des questions possibles, variété des formes d'évaluation (Fragkiadaki & Ravanis, 2015; Grigorovitch, 2018; Kampeza & Ravanis, 2009; Nertivich, 2015; Ntoi & Lefoka, 2002; Nyabanyaba, 1998, 1999; Paquay, 2006; Pecheone & Chung, 2006; Sotirova, 2017).

Enfin on précise que ce type de séminaires, à la fois scientifique et méthodologique, est complété par des cours et des activités essentiellement didactiques et pédagogiques : leçons pratiques et petits stages et micro-enseignements. L'organisation des contenus didactiques est quant à elle, assurée par les cours de thèmes choisis en science de l'éducation.

Cette méthodologie impose au formateur de mettre les étudiants-enseignants en situation concrète. Il engage avec eux un processus relationnel axé sur la nature de la profession. Elle vise aussi à les conduire à une situation réflexive qu'elle impose un questionnement continu de la part du formateur sur ses propres pratiques. Pour le formateur les compétences didactiques, méthodologiques et pédagogiques, comme les lectures, les rencontres, la formation continue, doivent être, le plus souvent, acquises en cours de profession. La formation méthodologique, par son côté appliquée, est plus aisément acquise à partir d'une formation disciplinaire, que dans le cas, inverse, où le pédagogue de formation devrait s'ouvrir et acquérir des compétences méthodologiques dans les disciplines assez variées. Ce type de méthodologie, institutionnalisée, pourrait présenter un danger de réduction de la formation à la seule pratique professionnelle, à la seule optique réaliste. La détermination explicite des objectifs de formation des enseignants lève assez spontanément cette difficulté.

Parfois une certaine réticence de la part des formateurs est constatée : le fait de provoquer systématiquement l'esprit critique des enseignants-étudiants sur la méthodologie didactique engendre chez eux une attitude aigüe qui risque. C'est peut-être une perception inconsciente chez eux, de se porter sur la propre pratique du formateur. Ainsi se basant sur d'autres arguments, comme le manque de temps, les manuels scolaires ou les programmes, d'aucun se refuse régulièrement d'engager un double langage et surtout un langage critique avec leurs enseignants-étudiants. Pourtant cette manière de faire permet très efficacement au formateur de se rendre compte du mode de fonctionnement de ses enseignants-étudiants. L'entraînement à la

réflexion didactique continue les force à préciser avec clarté les concepts de la discipline comme ceux de la pédagogie.

Dans ce cadre, la formation vise à aider les enseignants-étudiants à mieux répondre à une série de questions d'enseignement importantes. Comment mieux enseigner et mettre en œuvre les meilleures conditions pour permettre aux élèves d'apprendre ? Comment mieux comprendre les enjeux de l'explicitation dans le processus d'enseignement ? Comment apporter à chaque élève les outils nécessaires pour avancer et pour l'accompagner dans sa scolarité ?

## **2. Un plan théorique et méthodologique du dispositif : l'exemple de l'optique géométrique**

Pour ne pas limiter la référence à cette méthodologie de formation des enseignants-étudiants à son seul caractère descriptif et formel, on présente ensuite un exemple schématique. Cette présentation se base sur la mise en parallèle des orientations scientifique et didactique de la formation en sciences physiques et naturelles mais ne permet pas de montrer les nombreux va et vient qui s'effectuent entre elles. L'exemple retenu porte sur un sujet classique : celui de l'étude de l'optique géométrique pour l'enseignement préscolaire et primaire. L'illustration structurelle et fonctionnelle qui suit n'a rien de normatif, elle peut revêtir de nombreuses formes.

### **2.1. La lumière comme entité autonome**

#### **A. Concept et/ou phénomène**

La lumière est une entité physique autonome. Comme entité distincte, elle existe dans une certaine région de l'espace, elle est indépendante des sources lumineuses qui la produisent et les effets qu'elle provoque à cause des interactions diverses avec les objets (Al-Azzawi, 2006).

#### **B. La formation des enseignants : approche didactique**

Discussion sur la production de la lumière par les sources lumineuses. Dans ce cadre nous abordons l'interprétation piagétienne des difficultés de compréhension de la lumière, c'est-à-dire que nous faisons référence à la nécessité de la construction mentale du schéma de la « transativité opératoire » (Piaget, 1971; Ravanis, 1999; Rodriguez & Castro, 2016). Selon les résultats de recherche sur ce sujet, ces difficultés découlent de la tendance des sujets à associer la lumière uniquement à ses sources ou aux effets visibles qu'elle provoque. Sur cette base on présente des exemples sur les représentations mentales des élèves sur la lumière, les interventions didactiques pour la transformation de ces représentations et élaboration de la bibliographie correspondante (Anderson & Smith, 1982; Castro, 2013; Castro & Rodriguez, 2014; Grigorovitch, 2015 ; Ntalakoura & Ravanis, 2014; Ravanis & Boilevin, 2009).

## **2.2. La propagation de la lumière**

### **A. Concept et/ou phénomène**

Dans le modèle de l'optique géométrique « ..... on étudie les lois de propagation de la lumière dans des milieux transparents en considérant la lumière comme un ensemble de rayons lumineux..... Dans un milieu optiquement homogène les rayons sont rectilignes » (Yavorski & Detlaf, 1975, p. 651). « L'idée de la propagation rectiligne constitue une approche commode pour décrire ce qui arrive dans notre monde familier » (Feynman, 1985, p. 88).

### **B. La formation des enseignants : approche didactique**

Dans le cadre d'une discussion sur la propagation rectiligne avec les enseignants on touche deux difficultés primordiales des élèves produites de la recherche sur les raisonnements et les explications des élèves: a) une difficulté de reconnaître la propagation de la lumière vers toutes les directions et b) une difficulté de reconnaître la propagation rectiligne de la lumière. En essayant de travailler avec les enseignants sur la question de la propagation de la lumière, nous avons présenté les résultats de recherche permettant de comprendre la propagation de la lumière, ainsi que des interventions pédagogiques visant à surmonter les difficultés relatives (Castro, 2018; Dedes & Ravanis, 2009a; Ravanis & Papamichaël, 1995).

## **2.3. Le temps de la propagation de la lumière**

### **A. Concept et/ou phénomène**

Le temps de propagation de la lumière comme une entité naturelle provient d'une relation définie par la vitesse et la distance parcourue, alors qu'elle est constituée des connaissances en même temps aussi logico-mathématique et physique (Möller & Bélorgeot, 2007).

### **B. La formation des enseignants : approche didactique**

Au sujet de la lumière en particulier, l'expérience n'offre pas toute donnée de durée, tandis que le rayon semble être instantané, en tenant compte de la grandeur de sa vitesse par rapport à distance telle que rencontrée et perçue dans vie quotidienne. Peu d'études avaient comme sujet la compréhension du temps de la propagation de la lumière. À partir d'une série des recherches (Guesne, 1984; Ravanis & Kaliampos, 2018; Ravanis, 2019 ; Stead & Osborne, 1980) on peut conclure que la pensée des étudiants est fortement influencée par la disposition des objets dans l'espace. Ils ne traitent pas la lumière comme une entité autonome étant transmise dans l'espace et donc ne peuvent pas attribuer à la lumière les propriétés qu'un objet en mouvement est susceptible d'avoir et parmi eux le temps de la propagation de la lumière. Des discussions avec les enseignants ont lieu dans ce cadre. À la fin du séminaire, les enseignants sont invités à mettre en œuvre un plan de cours sur le temps de propagation de la lumière.

## **2.4. La formation des ombres**

### **A. Concept et/ou phénomène**

Une ombre est une zone sombrée, créée par l'interposition d'un objet opaque ou seulement partiellement opaque entre une source de lumière et la surface sur laquelle

arrive cette lumière. En fait, lorsqu'un objet opaque est éclairé par le faisceau lumineux d'une source de lumière, certaines zones, situées derrière l'objet, ne reçoivent pas de lumière et constituent l'ombre de l'objet (May, 1996).

### **B. La formation des enseignants : approche didactique**

Dans nombreuses recherches qualitatives ou quantitatives focalisées sur la question de la compréhension du phénomène d'ombre par les élèves de l'enseignement préscolaire et primaire a été souvent confirmé que l'obstacle essentiel consiste au mécanisme de l'interaction de la lumière comme entité propagée dans l'espace avec les obstacles opaques (Andersson & Karrqvist, 1983; Dedes & Ravanis, 2009b; Grigorovitch, 2015; Grigorovitch & Nertivich, 2017; Guesne, 1984, 1985; Voutsinos, 2013). En réalité les enfants ont eu des difficultés à comprendre que l'interposition d'un objet non transparent dans la trajectoire des rayons lumineux empêche le passage de la lumière. « C'est-à-dire que ces recherches ont constaté que la majorité des enfants entre 9 et 13 ans et l'ensemble des plus jeunes ont des difficultés à comprendre l'ombre comme produit d'un obstacle non transparent à la propagation de la lumière » (Nertivich, 2016, p. 104). En plus cette approche peut permettre aux enfants de se représenter l'ombre non pas comme un objet dont l'existence dépend de l'absence ou de l'empêchement de la lumière qui la constitue, mais comme un objet ayant une existence autonome. Dans ce cadre, les discussions avec les enseignants commencent au cours du séminaire, puis se poursuivent dans un laboratoire où les enseignants participent à des activités qu'ils conçoivent et mettent en œuvre eux-mêmes.

### **3. Discussion**

Dans ce cadre les enseignants sont encouragés à établir des liens entre savoirs scientifiques transposés, pédagogiques, didactiques et méthodologiques (Mabejane & Ravanis, 2018). La distinction entre ces différents types de savoir est assurée par les cours complémentaires plus spécifiques et nouveaux par rapport à la formation classique reçue avant aux directions traditionnelles comme la psychologie générale, la pédagogie, la philosophie de l'éducation. Au sein des cours des sciences physiques et naturelles transposées est visée l'intégration de ces différents savoirs. Les séminaires orientés vers les sciences transposées prennent un aspect nouveau par rapport à ceux auxquels les étudiants étaient confrontés dans l'enseignement universitaire. Il s'agit donc d'un changement professionnel, motivant d'autant plus à un engagement au travail de cette formation. Très souvent, les formateurs, responsables des disciplines scientifiques élaborent la distinction des aspects scientifiques, épistémologiques et méthodologiques. C'est cette explication qui permet aux enseignants-étudiants de se situer par rapport au séminaire et qui leur permet d'établir des liens entre les savoirs complémentaires. Une interaction continue s'établit ainsi entre le formateur et les étudiants. Au cours de cette interaction, les attitudes critiques et constructives des enseignants face à la discipline ou au métier, sont favorisées et évaluées de manière formative et stable. Discipline et didactique des sciences physiques et naturelles sont ainsi abordées de manière synchronique et complémentaire.

Chez les enseignants, lorsque la distinction des langages n'est pas convenablement exprimées, il peut y avoir des confusions qui s'installent savoir à acquérir et savoir à élaborer pour ses futurs élèves dans la classe, pourraient être confondus (Ravetz, 1989). Une analyse détaillée des différences a tôt fait de resituer les deux champs cognitifs distincts. Certains enseignants conservateurs à outrance, immobiles dans un seul type d'apprentissage, présentent des réticences lorsqu'ils sont encouragés à la critique. Cette attitude révélée par la méthodologie de formation il semble ne pas être un inconvénient. Par contre elle est une des caractéristiques positives de cette manière de faire : très tôt, le conservatisme éducatif peut être expulsé et l'ouverture épistémologique des enseignants est ainsi encouragée au plus tôt. Une telle approche de la discipline demande de la part de l'enseignant, un éveil didactique permanent. Il est dans la pratique quotidienne de l'enseignement, bien plus commode d'enseigner selon un axe, et un seul : d'exposer « clairement », sans équivoque, ambiguïté ou perturbation, une matière bien structurée par les institutions dans les programmes pour l'élève, plutôt que de mettre continuellement les étudiants en situation de réflexion méthodologique, de faire référence à des élèves peu âgés desquels l'enseignant n'a parfois lui-même que bien peu d'expérience, de référer à leur mode de raisonnement, aux représentations et aux obstacles, aux mécanismes mentaux, à la genèse des concepts etc.

De même il est souvent plus aisé de réduire la formation didactique et méthodologique à des séminaires de transmissions des savoirs ou de l'évaluation. Ces pratiques, pour utiles qu'elles sont, prennent le sens le plus formateur au moment où les étudiants entrent réellement dans la pratique du métier (Périsset, 2010). Mais on, peut souligner d'autres types des difficultés. La pratique systématique de la construction d'un espace des discussions et des échanges, relève plutôt de la formation continue que de la formation initiale. La seule pratique de ce type de séminaire conforte, dans la majorité des cas, une hypersensibilité des étudiants au savoir scientifique et une certaine hésitation par rapport à la didactique et la pédagogie ou les sciences de l'éducation plus généralement. La pratique de la formation simultanée est certes plus délicate à mener, mais elle conduit à une interprétation intime des deux champs notionnels qui de ce fait sont mis sur pied d'égalité. Elle exige souvent l'enseignant vis-à-vis de ses étudiants, une crédibilité que seule une pratique professionnelle d'enseignant lui assure.

L'institutionnalisation d'une telle manière de pratiquer la formation scientifique des futurs enseignants devrait assurer au préalable une formation en sciences de l'éducation solide aux formateurs, dans le cadre des cycles de formation pédagogique post-universitaires. Cependant la formation continuée n'est pas encore bien établie. Un projet systématique et détaillé de la formation des enseignants pourrait prévoir une présence simultanée de la discipline comme la physique, la chimie ou la biologie et la didactique de ces disciplines, pendant certaines périodes du travail des étudiants en formation. Il s'agit donc d'une reconnaissance explicite de la nécessité d'une complémentarité stable entre ces deux volets.

## Références

- Al-Azzawi, A. (2006). *Light and Optics: Principles and practices*. London: Taylor & Francis Group.
- Anderson, C. & Smith, E. (1982) Student conceptions of light, color and seeing. *Paper presented at the annual convention of the National Association for Research in Science Teaching*, Fontana Wisconsin.
- Andersson, B., & Karrqvist, C. (1982). *Light and its properties*, EKNA Project Report n. 8. Göteborg: University of Göteborg.
- Andersson, B., & Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils aged 12-15 years understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- 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). Questions sur la formation des enseignants de l'école maternelle et primaire aux technologies de l'information et de la communication en éducation. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 4(1), 10-21.
- 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., & Rodriguez, J. (2014). 8-9 year old pupils' mental representations of light: teaching perspectives. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 2(1), 40-44.
- Dedes, C. & Ravanis, K. (2009a). Teaching image formation by extended light sources: The use of a model derived from the history of science. *Research in Science Education*, 39(1), 57-73.
- Dedes, C. & Ravanis, K. (2009b). History of science and conceptual change: the formation of shadows by extended light sources. *Science & Education*, 18(9), 1135-1151.
- Feynman, R. (1985). *QED*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Fragkiadaki, G. & Ravanis, K. (2015). Preschool children's mental representations of clouds. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 267-274.
- Grigorovitch, A. (2015). Teaching optics perspectives: 10-11 year old pupils' representations of light. *International Education & Research Journal*, 1(3), 4-6.
- Grigorovitch, A. (2018). Interactions didactiques et apprentissage en physique à l'école maternelle et primaire. *European Journal of Education Studies*, 5(4), 1-9.
- Grigorovitch, A., & Nertivich, D. (2017). Représentations mentales des élevés de 10-12 ans sur la formation des ombres. *European Journal of Education Studies*, 3(5), 150-160.

- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. In E. J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching* (v. 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.
- Kampeza, M. & Ravanis, K. (2009). Transforming the representations of preschool-age children regarding geophysical entities and physical geography. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 141-158.
- 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.
- May, M. (1996). *Introduction à l'optique: Cours, exercices d'application, problèmes résolus*. Paris: Dunod.
- Möller, K. D., & Bélorgeot, C. (2007). *Cours d'optique*. Paris: Springer-Verlag.
- Nertivich, D. (2015). La « communication didactique » dans le cadre de l'école maternelle. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 96-101.
- 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.
- Ntalakoura, V. & Ravanis, K. (2014). Changing preschool children's representations of light: a scratch based teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 191-200.
- Ntoi, V., & Lefoka, J. P. (2002). NTTC under the microscope: problems of change in primary teacher education in Lesotho. *International Journal of Educational Development*, 22, 275-289.
- Nyabanyaba, T. (1998). Whither 'relevance'? Mathematics teachers' espoused meaning(s) of 'relevance' to students' everyday experiences. In A. Olivier & K. Newstead (Eds), *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 4-292). Stellenbosch, South Africa: University of Stellenbosch.
- Nyabanyaba, T. (1999). Whither relevance? Mathematics teachers' discussion of the use of 'reallife' contexts in school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 19(3), 10-14.
- Paquay, L. (2006). Évaluer l'activité enseignante. In G. Figari & L. Mottier Lopez (dir.), *Recherche sur l'évaluation en éducation* (pp. 51-58). Paris : L'Harmattan.
- Pecheone, R. L., & Chung, R. R. (2006). Evidence in teacher education. The performance assessment for California teachers (PACT). *Journal of Teacher Education*, 57(1), 22-36.
- Périsset, D. (2010). Le double enjeu de la formation à l'expertise professionnelle. *Recherche et Formation*, 65, 61-74.
- Piaget, J. (1971). Causalité et opérations. In J. Piaget & R. Garcia (Eds), *Les explications causales* (pp. 11-140). Paris : PUF.

- 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. (2019). Mental representations of light propagation time for 10- and 14-year old students: didactical perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 276-285.
- Ravanis, K., & Papamichaël, Y. (1995). Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentation spontanée des élèves pour la propagation de la lumière. *Didaskalia*, 7, 43-61.
- Ravanis, K., & Boilevin, J.-M. (2009). A comparative approach to the representation of light for five-, eight- and ten-year-old children: didactical perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 8(3), 182-190.
- Ravanis, K., & Kaliampos, G. (2018). Mental representations of 14-15 years old students about the light propagation time. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 8(2), 44-52.
- Ravetz, J. R. (1989). New ideas about science relevant to education. In E. W. Jenkins (Ed.), *Policy issues and school Science Education* (pp. 18-27). Leeds, UK: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- 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.
- Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
- Stead, B., & Osborne, R. (1980). Exploring student's concepts of light. *Australian Science Teachers' Journal*, 3(26), 84-90.
- Tin, P. S. (2019). Pédagogie et didactique différenciée en sciences physiques et naturelles. *European Journal of Alternative Education Studies*, 4(1), 1-9.
- Voutsinos, C. (2013). Teaching Optics: light sources and shadows. *Journal of Advances in Physics*, 2(2), 134-138.
- Yavorski, B., & Detlaf, B. (1975). *Aide-mémoire de Physique*. Moscou : Éditions Mir.

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/).