



## TRAVAILLER DANS L'ÉDUCATION AVEC LA COMPRÉHENSION DES CONCEPTS DES SCIENCES<sup>i</sup>

**James Rodriguez<sup>ii</sup>**

Teacher-Researcher,  
Primary Education,  
Canada

### Résumé:

Cet article aborde la question des cadres théoriques plus larges pour l'enseignement des sciences physiques et naturelles. Trois approches distinctes mais complémentaires sont discutées à cet égard : des approches didactiques influencées par les courants psychologiques pour l'apprentissage, des approches orientées à l'enseignement et une troisième tendance plus traditionnelle adaptées aux objets du savoir savant.

**Mots-clés :** didactique des sciences, courants psychologiques pour l'apprentissage, transposition didactique, savoir savant

### Abstract:

This article addresses the issue of broader theoretical frameworks for the teaching of the physical and natural sciences. Three distinct but complementary approaches are discussed in this regard: educational approaches influenced by psychological currents for learning, teaching-oriented approaches and a third, more traditional trend adapted to the objects of scholarly knowledge.

**Keywords:** science education, psychological currents for learning, didactic transposition, academic knowledge

### 1. Introduction

Dans les recherches actuelles en didactique des sciences physiques et naturelles, plusieurs conceptions s'affrontent sans malheureusement se compléter ou s'harmoniser. Cette difficulté, entre autres, est une cause de désaffection pour l'enseignement scientifique (Convert, 2003; Boilevin & Ravanis, 2007; Duverney, 2003). Un des objets de la discussion partout dans le monde devrait être de rechercher comment tenter de dépasser cette situation. Une question majeure est celle de la construction des concepts :

---

<sup>i</sup> WORKING IN EDUCATION WITH UNDERSTANDING THE CONCEPTS OF SCIENCE

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

construction des concepts dans la science en marche ou élaboration d'une pensée scientifique dans l'esprit des élèves. Bien qu'une analyse du premier aspect puisse éclairer l'autre, une étude complète et détaillée est nécessaire.

Une première approche de la question de la construction des concepts est un spectre des courants inspirés par la recherche psychologique. Parmi eux le courant de l'épistémologie génétique essentiellement inspirée des travaux de l'école piagétienne. Ces courants visent à exploiter les données de la recherche en psychologie sur l'appropriation des savoirs. Par exemple, le courant de la psychologie génétique vise à prendre en compte chez un enfant/élève les étapes et voies de l'apparition de ce qui est appelé *invariant opératoire*, les courants post-piagétiens soulignent l'importance du *conflit cognitif ou sociocognitif* et les courants vygotskiens mettent en évidence l'importance de la *zone de développement proximal*. Si on évoque, par exemple, l'invariant opératoire, un tel processus peut agir. Soit par regroupement de plusieurs notions distinctes : concept de masse dégagé au travers de et malgré les configurations diverses des substances. Soit, au contraire, par différenciation d'une notion unique : "l'élan" qui se différencie en force, impulsion, vitesse, énergie, puissance (Boumghar et al., 2012; Kaliampos, Ravanis, & Vavougiou, 2021; McCloskey, Caramazza, & Green, 1980). Cet invariant opératoire est dépendant et fortement lié à des actions effectuées et/ou intériorisées du sujet et des relations entre des actions et des relations avec d'autres concepts. Le tout définit au niveau structurel un schème cognitif qui impose le contenu effectif du concept considéré.

La deuxième approche est liée à la reconnaissance de l'hétérogénéité entre l'objet enseigné et l'objet du savoir savant correspondant. C'est une opération entre pratique et théorie, entre l'objet enseigné et l'objet du savoir savant correspondant. En fait l'acte d'enseignement ne peut se séparer d'une transposition didactique du savoir (Bosch & Gascon, 2006; Vellopoulou & Ravanis, 2012) ou le « pedagogical content knowledge » (Loughran, Berry, & Mulhall, 2012; Park & Oliver, 2008). Le concept formé par l'élève et/ou transmis à lui est nécessairement marqué du sceau de la situation didactique et le didacticien, le concepteur des programmes et certainement l'enseignant doivent s'interroger avant tout sur le contenu intermédiaire et en tout cas spécifique de ce concept ou phénomène. Cette orientation conduit à une analyse des curricula, des programmes, des manuels scientifiques situations d'enseignements, de processus d'apprentissage et des documents de vulgarisation par des approches méthodologiques variées, historique, épistémologique ou comparative.

Une troisième approche, dans un cadre où on étudie principalement les relations existant entre un concept et un ensemble de concept « champ conceptuel » tel qu'astrophysique, énergie, écosystème, etc. Ainsi, on analyse la matière à enseigner, étape indispensable pour mettre à jour les diverses stratégies envisageables pour l'enseignement d'un concept ou d'un groupe de concepts. En partant de l'étude des représentations mentales des élèves, fondées sur des connaissances scientifiques, profanes, sociales ou médiatisées, sur des thèmes scientifiques variés particulièrement controversés les recherches se font pour trouver des solutions pour des changements conceptuels et des stratégies nouvelles. Par exemple, dans le champ optique géométrique pour qu'on puisse arriver à l'enseignement de la formation des ombres ou de la réfraction

on doit partir par la lumière comme entité distincte et la propagation rectiligne de la lumière (Castro & Rodriguez, 2014; Grigorovitch, 2014; Ravanis, 1996; Ravanis, Zacharos, & Vellopoulou, 2010; Rodriguez & Castro, 2016).

Chacune des approches prise séparément, soulève de multiples questions telles que :

- Quels déterminants conduisent tel sujet psychologique à s'approprier telle représentation mentale plutôt que telle autre.
- Relations entre les fonctionnements d'un même concept dans le savoir savant et dans la structure cognitive de l'élève.
- Rôle de l'acte d'enseignement et des situations didactiques qu'il propose en relation avec les deux questions préalables.

Ensuite, nous discuterons des conditions et des conséquences à différents niveaux de ces trois approches.

## **2. Approches didactiques influencées par les courants psychologiques pour l'apprentissage**

Il y a tendance à ce que les didacticiens se réfèrent à l'influence intense de la tradition piagétienne surtout à la recherche. Face à la réalité le sujet distingue et construit des objets mentaux, tout d'abord intuitif et prélogiques, qu'on peut appeler "notions". Les mécanismes de l'intuition sont complexes, multifactoriels et des notions diverses à préciser. Dans ce cadre des communautés des chercheurs et des enseignants ont commencé des études de ces notions pour constater et identifier les facteurs qui interviennent, comme, par exemple, la réalité quotidienne et l'acte de perception. Ces notions regroupent en général plusieurs concepts du savoir scientifique constitué. À travers des expériences et des recoupements, ces notions deviennent isolables et l'élève perçoit alors un système de relation entre elles. Ce système de relations prime sur les notions et sert de support à d'autres notions. À ce moment on a un système des relations.

La science constituée a procédé historiquement ainsi. Chez Galilée, par exemple, les notions statiques et dynamiques sont d'abord confondues, puis séparées, puis une relation explicite apparaît (Drake, 1957). En fait la notion de "concept" est difficile à cerner car l'qu'un concept régresse souvent au stade de "notion" dans une science plus élaborée. D'autre part, Einstein a soutenu que le concept arrive bien avant, que le nom soit donné à celui-ci. Ainsi le mot "fonction" apparaît-il bien après Newton (Stachel, 2002).

Pour obtenir ce système des concepts, l'esprit scientifique utilise principalement des démarches comme le regroupement et la différenciation. Dans une procédure psychologique de regroupement, les élèves du collège perçoivent certains éléments comme, par exemple, la source de la lumière, la propagation rectiligne de la lumière et ses interactions différentes avec les objets comme un ensemble qui joue le rôle d'un système complet. Par contre comme les enfants d'âge préscolaire ou souvent de l'école primaire ne peuvent pas dissocier les lampes et la lumière comme entité physique, est évident que notre objective didactique est l'enseignement d'une telle différenciation. Cette approche est absolument intégrée dans la recherche piagétienne qui étudie la

compréhension de la propagation des entités naturelles invisibles dans l'espace, comme la chaleur ou le son (Piaget & Garcia, 1971).

Ce modèle est cependant à tempérer car très souvent les notes de travail des grands scientifiques ont montré moins de rationalité. D'autre part certaines approches psychologiques restent très sceptiques par rapport au fonctionnement du sujet dans des situations didactiques diverses. Plusieurs études psychopédagogiques sur les représentations mentales des élèves ont montré que certains apprentissages se faisaient de façon moins rationnelle : on trouve chez les enfants des "îlots" des connaissances, c'est-à-dire entités isolées et souvent les relations entre eux n'arrivent que beaucoup plus tard (Hoang, 2020; Kaliampos et al., 2020; Ravanis, 1998; Tin, 2019). Dans cette construction on observe différentes représentations mentales en strates plus ou moins déconnectées. Ces différences d'interprétations plus ou moins élaborées et scientifiques coexistent. En termes vygotskiens « En forçant sa lente trajectoire ascendante, un concept quotidien ouvre la voie à un concept scientifique et à son développement descendant. Il crée une série de structures nécessaires à l'évolution des aspects les plus primitifs et les plus élémentaires d'un concept, lui donnant corps et vitalité. Les concepts scientifiques, à leur tour, fournissent des structures pour le développement ascendant des concepts spontanés en relation avec la conscience et l'utilisation délibérée par l'enfant (Vygotsky, 1934/2003, pp. 93-94). Par exemple, en physique la représentation d'un électron en forme de bille coexiste à côté de l'élaboration de la représentation ondulatoire de la mécanique quantique (Akpa, 1994).

Ainsi « la question des processus d'interaction didactique a émergé comme une dimension fondamentale dans l'enseignement des sciences physiques et naturelles (Dumas Carré et al., 2003; Grigorovitch, 2018). En effet, la tentative de passer du raisonnement spontané aux modes de pensée compatible avec les connaissances scientifiques a conduit au courant sociocognitif, c'est-à-dire, à une approche influencée par les théories d'apprentissage post-piagétienne et/ou par la théorie de Vygotsky ainsi que par les résultats de la recherche en didactique des Sciences Physiques, qui en général reconnaissent l'importance et le rôle privilégié de l'interaction sociale dans la mise en place de nouveaux apprentissages et du changement des conceptions des élèves. Dans ce cadre l'enseignant, à partir des représentations mentales des enfants, intervient entre les connaissances et les pratiques scientifiques et les problèmes de la pensée des jeunes élèves pour qu'ils puissent dépasser leurs difficultés et obstacles » (Rodriguez, 2018, p. 5).

### **3. L'orientation à l'enseignement**

Parmi un spectre des concepts consacré à l'enseignement des sciences physiques et naturelles, pour travailler dans la classe, un choix doit s'opérer (Sotirova, 2017). Une fois exclues les théories préscientifiques, il n'y a pas de "mauvaise" théorie, mais elles sont plus ou moins bien adaptées au niveau des élèves. Dans les différentes structurations du savoir savant, c'est le rôle du didacticien et ensuite de l'enseignant de définir le champ conceptuel et la transposition didactique à effectuer, car il y a toujours une transformation du contenu, la transposition didactique, et le concept sera toujours transformé selon la

façon dont il a été introduit dans le cours. Ainsi la transposition didactique doit être adaptée à l'âge et au niveau des élèves et conduit à l'utilisation des modèles pertinents simplifiés, mais qui permettent de résoudre des problèmes limités qui répondent à des demandes sociales et aux questions socio-scientifiques (p. ex. ADN, énergie, environnement). Ceci se fera dans une théorie provisoire mais opérationnelle selon la demande immédiate. Dans ce cadre les recherches en didactique prennent en compte en accordant une importance essentielle au processus de transformation schématisé en quatre points (Comiti, 2014) : (a) le savoir savant qui est un produit des institutions productrices et « conservatrices » du savoir comme les universités ou le centre de recherche. (b) le savoir à enseigner planifié pour les systèmes d'enseignement et la « noosphère comme l'ensemble des facteurs qui peuvent influencer le passage à une construction du contenu scolaire : décideurs, auteurs de manuels, créateurs des programmes et des curricula. (c) Savoir, préparé sous forme de projet de cours. (d) le savoir enseigné, c'est-à-dire l'enjeu et le produit du travail dans la classe. Ainsi la « transposition didactique » comme concept et comme pratique met en évidence qu'il n'est pas possible d'interpréter et de comprendre ce qui se passe dans le cours sans prendre en compte les traces liés à la reconstruction des sciences physiques et naturelles qui ont leur origine dans l'institution productrice du savoir scientifique, face aux nécessités de l'enseignement à un niveau scolaire donné.

Ceci amène à avoir plusieurs représentations d'un même objet. Il s'agira de montrer dans quel champ une représentation peut être utilisée en précisant le domaine de validité du modèle. Montrer la distance entre la théorie et la réalité fait aussi partie de notre travail pédagogique et didactique, ce qui introduit un certain doute sur les concepts. Souvent dans les débats et les discussions scientifiques ce doute est un bien, car une pédagogie trop dogmatique est bloquante, que l'acte pédagogique consiste aussi à montrer la relativité d'un concept. Il ne s'agit pas cependant de refuser toute connaissance, sous prétexte qu'elle sera mise en doute, mais de relativiser celle-ci. D'autres points de vue trouvent ce doute dangereux, prétextant que nos élèves ne sont pas de futurs chercheurs et qu'il faut, au contraire, des bases solides de connaissances, soulignant qu'une période d'apprentissage, les élèves n'ont pas le recul nécessaire pour faire une analyse critique et que celle-ci ne serait possible et profitable qu'à des étudiants déjà bien avancés.

Quoi qu'il en soit, le passage d'une représentation à une autre se pose il y a quarante ans. L'étude de la méthodologie de remplacement des concepts est intéressante. Elle n'a été malheureusement qu'évoquée. Pour passer d'une représentation à une autre plus élaborée, une solution consiste à se mettre dans une situation où l'ancienne n'est plus opératoire. Ceci montre la nécessité d'un modèle plus puissant pour répondre aux besoins créés. Malheureusement, on observe des blocages ne permettant pas d'accéder à la nouvelle représentation. Leur cause serait à étudier, mais ceci est encore peu exploré. Les représentations élémentaires subsistent et elles apparaissent parfois dans des explications où elles sont fausses. Notons cependant que ce sont des erreurs spontanées qui n'apparaissent plus après un temps de réflexion, ce qui fait dire que ce ne sont pas de réels "obstacles" épistémologiques car on parle d'obstacle uniquement lorsque l'erreur

persiste après réflexion. Mais, plus une représentation a fonctionné longtemps, plus l'obstacle à dépasser sera grand.

#### 4. Approches orientées à l'objet du savoir savant

Dans la bibliographie le problème se pose de différentes façons. Pour un linguiste, par exemple, le champ conceptuel et la matière enseignée ne sont pas homogènes. Des savoirs sont souvent juxtaposés et il existe des conflits conceptuels. Cependant, ce n'est pas le cadre approprié pour discuter de telles points de vue.

Pour les physiciens, il s'agit ici de la « science », système de pensée constitué porté par une société qui y adhère. Dans ce cadre qui offre une image naïve et simplifiée la matière est bien définie. Cependant, au sein d'un cadre conceptuel, ils existent plusieurs modèles qu'ils sont en général hiérarchisés et très souvent ils s'emboîtent. Les savants ont créé des modèles collant aux faits et à la réalité physique, mais avec l'évolution historique, pour résoudre les contradictions et affiner la théorie, des modèles de plus en plus puissants ont été élaborés. Pratiquement, et malgré certaines hésitations d'ordre épistémologique le seul modèle pour les scientifiques, et surtout pour les scientifiques-enseignants, est le "dernier". Les anciens modèles qui s'y emboîtent ont donc un champ d'application plus restreint, ils apparaissent en technologie dans l'école et la société et dans les manuels scolaires. En mécanique, par exemple, plusieurs théories coexistent. La mécanique classique newtonienne, la synthèse einsteinienne, l'approche quantique, couronnées par la mécanique quantique relativiste. La première théorie pouvant être étudiée par les travaux virtuels, par les lois de conservation, par les représentations lagrangienne ou hamiltonienne. Tous ces modèles aboutissent à la science moderne, on peut donc les utiliser pour construire les concepts.

Par contre certaines modèles historiques comme l'approche aristotélicienne sont à exclure. En fait il y a une rupture épistémologique et il faut en tenir compte. Il y a eu une énorme différence de statut entre les modèles pré-galiléens et ceux aboutissant à la science moderne. Le passage de la représentation lagrangienne à l'hamiltonienne est très différent du passage de la mécanique newtonienne à la mécanique relativiste. Ce dernier passage pouvant se heurter à un blocage à propos des conceptions classique de l'espace et du temps.

Pour les biologistes, la situation est moins simple que pour les physiciens. Il existe là une "guerre" des concepts. Entre la démarche réductionniste aboutissant à la biologie moléculaire et la vision holistique des écosystèmes, entre différentes écoles irréductibles il faut souvent faire un choix. Ces choix sont souvent opérés de façon mesquine, par exemple à cause des courants dominants dans les laboratoires universitaires. Pour améliorer la situation il serait nécessaire de mieux définir la finalité de ces champs conceptuels. D'autre part les concepts en biologie sont encore discutés dans les laboratoires de recherche (protéine, double hélice de l'ADN) alors qu'ils sont enseignés comme un dogme à l'école. D'une façon générale le savoir est présenté à l'école de façon dogmatique. Il faut l'admettre, le mémoriser et le ressortir aux examens et cela manque de nuances et de doute sur la validité.

## 5. Discussion

Pour comprendre la réussite des élèves dans les cours des sciences physiques et naturelles, il faut commencer par revenir sur les caractéristiques de base du système d'enseignement. En reconnaissant l'ensemble de ces problèmes et des contradictions, la didactique des sciences partout dans le monde a ouvert un champ de discussion et de recherche. Mais le rôle de l'expérience est primordiale dans l'ensemble des approches. En effet, c'est un pilier de la construction des concepts en sciences.

Il est indéniable qu'il participe à la construction des concepts, cependant, on remarque que l'on trouve souvent dans une expérience ce que l'on veut y trouver. Il faut souligner le rôle de l'expérience, l'hypothèse à vérifier étant souvent élaborée dans un champ conceptuel bien en place, on ne fait que vérifier le "dogme". En parallèle, une seule expérience contradictoire ne suffit pas pour lever un blocage conceptuel, les élèves persistent à ne pas être convaincus si l'hypothèse à vérifier est trop paradoxale avec leur savoir commun.

Pour améliorer l'élaboration des concepts, l'interdisciplinarité pourrait jouer un rôle important. Même en didactique, l'interdisciplinarité pourrait être utilisée. De nombreuses autres pistes ont été ouvertes mais peu poursuivies ou en développement. En conclusion de cette approche limitée des orientations didactiques en science physiques et naturelles, nous posons quelques questions ouvertes et vivantes sur la recherche et les pratiques pédagogiques. Quel est le rôle de l'affectif dans l'apprentissage des sciences ? (Fragkiadaki & Ravanis, 2021). Comment utiliser les procédures des découvertes pour obtenir une meilleure motivation de la part de nos élèves ? (Halimi, 1982). Quelles sont les stratégies d'enseignement et comment apparaissent-elles dans la recherche et l'éducation scientifique ? (Kamii, 1982; Ravanis, 2017, 2021). Quels sont les stratégies d'intégration des Technologies de l'Information et de Communication à l'enseignement et quel est l'impact de leur utilisation sur l'apprentissage ? (Muzio, Heins, & Mundell, 2002; Norgy, 2019 ; Yashwantrao et al., 2018). Quels sont les tendances actuelles pour la formation des enseignants ? (Arun, 2017, 2018; Castro, 2018; Périsset, 2010). Ce sont exactement les orientations de la recherche moderne et dans ce contexte les questions de recherche sont nombreuses à ce jour.

### Conflict of Interest Statement

The author declares no conflicts of interests.

### About the Author

James Rodriguez is a researcher and primary school teacher in Canada. He received his Master's degree in Education from the American Pacific University and is an external researcher working with the University of Patras. His research areas are Science Education in Early Childhood and Primary Education, Pedagogy and Science Education and Teacher Education.

## Références

- Akpa, A-O. (1994). *Élaboration d'un ensemble didactique, le «Réseau électrique», pour l'acquisition du concept électrique au second cycle du secondaire*. Thèse de doctorat publiée, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec.
- 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.
- Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2007). L'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire face à la désaffection: recherches en didactique, dispositifs et références. *Skholê, HS(1)*, 5-11.
- Bosch, M., & Gascon, J. (2006). Twenty five years of the didactic transposition. *ICMI Bulletin*, 58, 51-65.
- Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Enseignement-apprentissage du concept "force" et persistance des difficultés : Quelle influence mathématique ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 63-81.
- Castro, D. (2018). Schèmes et trajectoires pour la formation des enseignants des sciences. *European Journal of Education Studies*, 4(3), 260-269.
- 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.
- Comiti, C. (2014). Recherche en didactique et formation des enseignants. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, 7, 444-456.
- Convert, B. (2003). La « désaffection » pour les études scientifiques. *Revue Française de Sociologie*, 3(3), 449-467.
- Drake, S. (1957). *Discoveries and opinions of Galileo*. New York: Doubleday & Company.
- Dumas Carré, A. Weil-Barais, A. Ravanis, K., & Shourchah, F. (2003). Interactions maître-élèves en cours d'activités scientifiques à l'école maternelle : approche comparative. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 493-508.
- Duverney, D. (2003). Réflexions sur la désaffection pour les études scientifiques. *La Gazette des Mathématiciens*, 95, 83-101.
- Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2021). The unity between intellect, affect, and action in a child's learning and development in science. *Learning, Culture and Social Interaction*, 29, 100495.
- 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. (2018). Interactions didactiques et apprentissage en physique à l'école maternelle et primaire. *European Journal of Education Studies*, 5(4), 1-9.
- Halimi, L. (1982). *Découvrons et expérimentons*. Paris: Nathan.
- 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.



- Kaliampos, G., Ravanis, K., & Vavougiou, D. (2021). A comparison study of alternative conceptions on impetus theory and projectile motion of adolescents with typical development and high functioning autism spectrum disorder. *International Journal of Science Education*, 43(1), 128-156.
- Kaliampos, G., Kada, V., Saregar, A., & Ravanis, K. (2020). Preschool pupils' mental representations on electricity, simple electrical circuit and electrical appliances. *European Journal of Education Studies*, 7(12), 596-611.
- Kamii, C. (1982). *La connaissance physique et le nombre à l'école enfantine. Approche piagétienne*. Pratiques et théorie, cahier n. 21. Genève : Université de Genève.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing Science teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210(4474), 1139-1141.
- Muzio, J., Heins, T., & Mundell R. (2002). Experiences with reusable E-learning objects: From theory to practice. *The Internet and Higher Education*, 5(1), 21-34.
- Norgy, K. (2019). Robotique pédagogique à l'école primaire: quelle activité des élèves de Classe Préparatoire (6-7 ans) et quels apprentissages dans une séquence conçue par l'enseignant ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 13(1), 93-110.
- Park, S., & Oliver, S. J. (2008). Revisiting the conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Périsset, D. (2010). Le double enjeu de la formation à l'expertise professionnelle. *Recherche et Formation*, 65, 61-74.
- Piaget, J., & R. Garcia (éds). (1971). *Les explications causales*. Paris: PUF.
- Ravanis, K. (1996). Stratégies d'interventions didactiques pour l'initiation des enfants de l'école maternelle en sciences physiques. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 17, 161-176.
- Ravanis, K. (1998). Procédures didactiques de déstabilisation des représentations spontanées des élèves de 5 et 10 ans. Le cas de la formation des ombres. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 105-121). Berne: P. Lang.
- Ravanis, K. (2017). Early Childhood Science Education: state of the art and perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 284-288.
- Ravanis, K. (2021). The Physical Sciences in Early Childhood Education: theoretical frameworks, strategies and activities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796, 012092.
- 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.
- Rodriguez, J. (2018). Des représentations aux premiers modèles: le monde physique dans la pensée des petits enfants. *European Journal of Education Studies*, 5(2), 1-9.

- Rodriguez, J., & Castro, D. (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.
- Stachel, J. (2002). *Einstein from "B" to "Z"*. Boston: Birkhäuser.
- 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.
- Vellopoulou, A., & Ravanis, K. (2012). From the formal curriculum to the lesson planning: the didactic transposition kindergarten teachers' carry out as they plan to teach dissolution. *Skholê*, 17, 71-76.
- Vygotsky, L. S. (1934/2003). Learning and intellectual development at school age. In *Psychology and pedagogy: Psychological foundations of learning and development*, pp. 93-94. São Paulo: Centauro.
- Yashwantrao, R., Bholoa, A., Watts, M., Nadal, P. S. (2018). Teaching and learning physics using technology: Making a case for the affective domain. *Education Inquiry*, 9(2), 210-236.

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/).