



UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE POUR LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION : L'EXEMPLE DU CHANGEMENT D'ÉTAT DE L'EAU À L'ÂGE DE 8 ANSⁱ

Phan Sung Tinⁱⁱ

American Pacific University,
Vietnam

Résumé:

Dans cet article on présente une procédure méthodologique pour le déploiement des activités scientifiques dans le cadre de la démarche d'investigation. Après une petite introduction à la démarche d'investigation en sciences et à sa relation avec les représentations mentales des élèves, on tente d'appliquer la méthode à une activité expérimentale visant au changement d'état de l'eau chez des enfants de 8 ans. Ensuite, une analyse systématique de toutes les étapes du développement de l'activité est réalisée afin de présenter les phases et leur contenu.

Mots-clés : la démarche d'investigation, école primaire, enseignement des sciences physiques, représentations mentales.

Abstract:

In this article we present a methodological procedure for the deployment of scientific inquiry activities. After a short introduction to inquiry based method in science and its relationship with mental representations of students, we try to apply the method to an experimental activity to the state change of water with 8 years old children. Then, a systematic analysis of all stages of the development of the activity is carried out in order to present the phases and their content.

Keywords: inquiry based method primary school, physical science teaching, mental representations.

ⁱ A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE INQUIRY BASED METHOD: THE EXAMPLE OF CHANGING THE STATE OF WATER AT AGE OF EIGHT

ⁱⁱ Correspondence: email phansungtin@gmail.com

1. Introduction

Il y a 20 ans un nouveau concept apparaît dans le cadre de la Didactique des Sciences Physiques et des Sciences de la Vie et de la Terre et aussi dans les programmes scolaires : la démarche d'investigation. Elle résulte de la volonté du pouvoir en place, de rénover l'enseignement et de diffuser des résultats de recherche en didactique. La démarche d'investigation préconise de commencer la séquence par une situation de départ, choisie en fonction des compétences des programmes scolaires (Cariou, 2013; Delclaux & Saltiel, 2013; Kotuáková, 2013). Elle repose sur un support, qui peut prendre différentes formes comme un intervenant, une maquette, un objet, une photographie ou un vidéo.... et qui suscite l'intérêt des élèves sur le thème. Cette situation de départ débouche sur la formulation de questions productives, proposées par les élèves. L'enseignant peut aider à les reformuler, elles doivent être concrètes, et si possible, ancrées dans la réalité quotidien. Puisque l'on part des questionnements des élèves, ils se sentent plus concernés. L'articulation entre ces deux étapes est donc nécessaire. La classe varépondre à chaque question productive à travers des investigations. Mais auparavant, dans l'éveil scientifique, l'enseignant doit recueillir ou chercher dans la bibliographie les représentations mentales spontanées des élèves sur le sujet (Ravanis, 2010; Rodriguez, 2018; Sotirova, 2017).

La recherche sur les constructions cognitives des enfants dans le milieu naturel et social sur les phénomènes du monde physique, a donné une série des résultats exploitables au niveau de l'enseignement de l'école maternelle jusqu'à l'université et à l'ensemble des disciplines en sciences Physiques et en Sciences de la Vie et de la Terre. Plus spécialement dans la recherche en didactique de la physique, ces constructions qu'on trouve dans la bibliographie comme « représentations », « conceptions alternatives », « idées intuitives », « préconceptions » etc, ont été identifiées chez la pensée des élèves en Électromagnétisme (Closset, 1985; Hart, 2008; Nertivich, 2013), en Optique (Castro & Rodriguez, 2014; Kokologiannaki & Ravanis, 2013; Ravanis, 2019), en Mécanique (Hast & Howe, 2012; Ouasri, 2017; Van Hise, 1988), en Thermodynamique (Rodriguez & Castro, 2014; Kaliaspos & Ravanis, 2019; Tin, 2018), etc. Ces représentations à travers lesquels les enfants approchent les concepts et les phénomènes de la physique très souvent se trouvent en distance ou en opposition avec les modèles scientifiques à enseigner. Les recherches en didactique de la physiques, visent à la création des situations didactiques susceptibles de permettre la construction de modèles compatibles à la pensée scientifique (Castro, 2013; Dawson & Rowell, 1984; Dedes & Ravanis, 2009; Kada & Ravanis, 2016; Rodriguez & Castro, 2016; Syuhendri, 2017; Tin, 2016).

Les représentations permettent à l'enseignant de mettre en place la première séance d'investigation. Il prend en compte ce que savent les élèves, ce qu'ils ignorent et ce qu'ils pensent savoir. En tenant compte de cela, il permet aux élèves de se défaire de leurs représentations qui s'avèrent être fausses. Lors d'une autre séance, une investigation va apporter des premiers éléments de réponse aux questions posées. La Main à la Pâte (2019) distingue six phases de la démarche d'investigation : (1) la

motivation « d'où part-on? », (2) la problématisation « qu'est-ce qu'on cherche? », (3) la définition de la stratégie de recherche « comment va-t-on faire pour chercher? », (4) la mise en œuvre du projet « cherchons », (5) la confrontation « a-t-on trouvé ce que l'on cherche ? », (6) la terminaison « le savoir construit : ce que l'on a expliqué, compris, découvert ». Ainsi au cours d'une séance d'investigation par l'expérience, les élèves sont amenés à élaborer des hypothèses et à concevoir un protocole expérimental. Le professeur des écoles a, au préalable, pensé au matériel et à la gestion de l'espace : où est placé le matériel, comment travaillent les élèves, par exemple en petits ou grands groupes. Dans les groupes les élèves discutent et s'expriment, formulent des questions et des hypothèses sur une des questions productives et détaillent les différentes étapes de leur investigation. Ils présentent leurs idées, le matériel qui va être utilisé, les différentes étapes de l'expérience et les résultats attendus. Après avoir présenté leurs découvertes à la classe, les élèves les mettent en application.

L'investigation va susciter des débats dans le groupe et ensuite dans la classe. Il est essentiel que les élèves gardent des traces écrites de leur expérience. Ils terminent par confronter les résultats aux questions et hypothèses initiales et la classe formule une première synthèse des résultats. Mais les hypothèses de départ ne sont pas immobiles, on peut y revenir après une première expérimentation. La démarche se place dans un cercle où l'on fait des allers-retours entre les différentes étapes. Enfin, il y a une phase finale d'institutionnalisation qu'elle permet de formuler une réponse à la question que les élèves se posaient. Elle doit reprendre la démarche qui a permis d'y répondre et les notions acquises par les élèves. Elle peut aussi déboucher sur de nouvelles questions et sur ce qui reste à comprendre. La démarche d'investigation est donc une méthode de travail qui développe de nombreuses connaissances et des savoir-faire chez les élèves. Elle crée par exemple des compétences en termes d'autonomie, d'écoute lors des interactions, elle force les élèves à formuler leurs points de vue.

Dans cet article nous présentons un cadre méthodologique concrète qui vise, à partir d'un essai d'interprétation d'une série phénomènes thermiques, de décrire la structure d'un exemple complète de la démarche d'investigation.

2. Les difficultés des élèves

« Dans le domaine des phénomènes thermiques, le langage courant utilise indistinctement des expressions telles que "être froid", "avoir de la chaleur" ou "n'avoir aucun chaleur", "avoir une température basse ou élevée". Ces expressions traduisent habituellement des sensations, d'ailleurs souvent infidèles, résultent de contacts avec divers corps. Nous qualifions ainsi d'eau chaude de l'eau tiède dans laquelle nous trempions une main qui a séjourné préalablement dans l'eau froide, et d'eau froide la même eau si nous si nous avons auparavant passé notre main sous de l'eau chaude. La conduction thermique vient encore compliquer la question : lorsque nous touchons un objet plastique et un objet métallique nous sentons que le plastique est plus chaud que le métallique même si les deux objets ont la même température. Par une réponse intuitive on peut déclarer que l'objet métallique est plus froid que le plastique, ce qui traduit bien

la réalité sensible. Mais "être froid" n'est pas équivalent à "avoir une température basse"..... Ces expériences familières font intervenir le phénomène d'échange thermique et nécessitent des concepts de chaleur et de température distingués précieusement. Par conséquent la conceptualisation de ces notions se heurte à de nombreuses difficultés. Ces obstacles rencontrés sont-ils dû aux seules imprécisions du langage ? Comment la pensée intuitive en rend-elle compte ? Quel rôle les expériences familières jouent-elles ? » (Nertivich, 2018, p. 136).

La recherche sur les représentations, des difficultés et les obstacles des élèves sur la chaleur, la température, l'équilibre thermique et autres concepts, notions et phénomènes thermiques a donné une série des résultats intéressants pour l'enseignement aux scolaires différents : l'utilisation sans différenciation des concepts de chaleur et de température, la reconnaissance de la température comme propriété intrinsèque de la matière, l'idée de la mesure de la chaleur à travers la température, l'existence d'objets chauds et froids par nature, à 0° C tout gèle et à 100° C tout bout, la condensation, l'évaporation, la liquéfaction, la solidification et la fusion sont des changements uniquement reliés à l'eau, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont perplexes, l'équilibre thermique n'est pas reconnu (Albert, 1978; Laval, 1985; Zimmermann-Asta, 1990; Ravanis & Bagakis, 1998; Harrison, Grayson & Treagust, 1999; Leite, 1999; Bayram, Ayas, Niaz, Ünal & Çalik, 2007; Gönen & Kocakaya, 2010; Pathare & Pradhan, 2010; Ravanis, 2013, 2014; Rodriguez & Castro, 2014; Nertivich, 2018; Tin, 2018).

À partir du cadre théorique de la démarche d'investigation, nous développons une mise en œuvre détaillée de séances de cours scientifiques sur les changements d'état, afin de mettre en évidence les éléments méthodologiques du travail et non les résultats d'apprentissage qui ont été satisfaisants de toute façon. Cette approche a un caractère qualitatif. Les participants sont 16 élèves (8 garçons et 8 filles) de 10 ans d'une classe d'une école primaire urbaine et ils avaient une première connaissance et familiarisation avec des phénomènes thermiques. Ces élèves ont été répartis dans six groupes composés de 4 sujets chacun (2 garçons et 2 filles).

3. Un cadre méthodologique pour la démarche d'investigation

3.1. La préparation

L'eau et les changements d'état qu'on a choisi comme sujet de travaille dans la classe, s'inscrit dans une séquence sur la découverte de la matière. Après une introduction on a préparé deux séances qu'elles avaient intitulées : « comment fabriquer des glaçons » et « comment faire un glaçon le plus vite possible ». On va commencer en demandant aux élèves d'apporter un glaçon de chez eux et d'observer qu'il change d'état. En commençant l'activité on va faire les premiers questionnements et les représentations initiales des élèves vont émerger et comme ça nous mènerons une séance d'investigation. Après relecture des savoirs en jeu pour les élèves, nous décidons que l'objectif de cette séance sera de faire ressortir le fait que la glace est de l'eau à l'état

solide et que sa température est inférieure à 0°C. L'eau à l'état liquide quant à elle, a une température supérieure à 0°C.

La démarche d'investigation est conçue pour être utilisée à l'âge des élèves. De plus notre problématique nous amène à mettre en œuvre une situation didactique du type « prédiction, constat, interprétation », ce qui nous guide vers une séance où les investigations seront effectuées par les élèves. Le type d'investigation qu'on a choisi est l'expérimentation et l'observation. Nous trouvons cette démarche adaptée à l'âge des élèves et elle permettra aussi de créer des séances ludiques et animées. La schématisation pourrait être une autre option possible mais nous planifions que l'expérience soit au cœur de notre séance.

Ensuite on a décidé d'organiser le travail en groupe. Ce travail collectif va permettre aux élèves de confronter leurs représentations initiales et leurs points de vue, d'acquérir des notions de la vie de la classe telles que l'écoute de la personne qui parle, le respect de l'autre, le besoin de se mettre d'accord pour progresser mais aussi pour s'entraider, de faire émerger les procédures expertes, par exemple lorsqu'un élève expliquera comment il a procédé pour réussir une tâche. Pour l'enseignant, ce fonctionnement est aussi plus facile à mettre en place. Mais cette modalité de travail présente certaines difficultés, comme la passivité d'un grand nombre d'élèves pouvant conduire à la perte d'attention. La passivité d'un des membres du groupe, laissant les autres travailler, ou au contraire, une agitation au sein du groupe lors des interactions, voire une déviance d'un ou plusieurs membres du groupe vers autre chose que la tâche prescrite. De plus les échanges entre élèves sont souvent limités car ils n'oseront pas prendre la parole dans une situation comme celle-ci, même si leur réponse est correcte. En plus l'enseignant n'a pas la certitude de s'être fait bien comprendre de tous.

De cette manière le travail à réaliser pourra être plus long et la préparation pour l'enseignant est supérieure puisqu'il faudra tout de même faire attention à constituer des groupes de discussion homogènes pour éviter qu'un élève prenant la parole plus facilement impose ses idées aux autres membres du groupe, si ceux-ci n'osent pas exprimer leur point de vue. Ainsi en connaissant déjà les élèves nous formons les groupes à partir de leurs représentations mentales initiales et de leurs personnalités et de leurs attitudes quant à la prise de parole. En effet, mettre en place une expérience va mener les membres à confronter leurs idées.

Les choix que nous avons faits précédemment impliquent une disposition des tables en îlots et également la préparation au préalable d'une table pour le matériel, placée convenablement pour l'expérimentation. Comme on a déjà évoqué nous aurons à construire deux séances sur les thèmes : « comment fabriquer des glaçons » et « comment faire un glaçon le plus vite possible ». Nous avons décidé de fonder la première séance sur l'expérimentation et l'observation et de faire travailler les élèves par petits groupes de 4 personnes.

3.2. L'organisation des séances

On a discuté précédemment que le travail en groupe pouvait mener à la passivité de certains membres de l'équipe. On décide alors d'attribuer un rôle à chacun élève du

groupe. Il y aura donc un rapporteur, chargé de présenter le travail à la classe. Un dessinateur chargé de faire le dessin de l'expérience sur papier pour la présentation collective ainsi que des actions pratiques, comme par exemple de coller une étiquette avec le numéro de son groupe sur leur expérience. Encore il y aura aussi un responsable du matériel qui préparera le matériel nécessaire pour faire l'expérience ou qui le rangera à la fin de séance. Enfin un réalisateur qui va travailler sur les aspects expérimentaux. Ainsi les élèves seront rarement inactifs, ce qui permettra de limiter les pertes d'attention et de les motiver. Pour leur laisser le plus autonomie possible, nous décidons de les laisser se mettre d'accord entre eux sur le rôle de chacun.

Puisque le matériel de l'expérience sera déjà présenté, on peut émettre des hypothèses sur les expériences que les élèves envisageront. En effet, en posant la question « comment fabriquer des glaçons ? », on s'attend à ce qu'ils pensent au réfrigérateur, au congélateur ou même au freezer. Il faut donc s'assurer que ce matériel soit bien disponible dans l'école. Notre choix nous amène à faire à une deuxième séance le lendemain, qui nous permettra de vérifier les hypothèses.

Le matériel de l'investigation pourra être réajusté en fonction des représentations mentales des élèves (Grigorovitch, 2018; Ravanis, 2005; Sotirova, 2017). En lien avec les documents d'accompagnement, il sera important d'utiliser un thermomètre pour les élèves de manière à être capable de l'utiliser suffisamment. La difficulté sera de prendre en compte les graduations du thermomètre, pas toujours facile à lire et comprendre les élèves. Mais sans thermomètre on ne pourra mettre en évidence que l'eau est à l'état solide en dessous de 0°C et à l'état liquide au-dessus de 0°C. En prenant de l'eau pure pour l'expérience, on peut s'attendre à ce qu'elle passe de l'état liquide à l'état solide vers le 0°C et de l'état solide à l'état liquide vers le 0°C. L'utilisation de l'eau salée, c'est-à-dire non pure, serait trop difficile à aborder pour des élèves de cet âge. On peut aussi prévoir que les élèves envisagent le congélateur, le freezer et le réfrigérateur pour transformer l'eau en glace sur la connaissance du lien entre température et état de l'eau. Il semble aussi envisageable que les élèves ne distinguent pas congélateur et réfrigérateur surtout par méconnaissance de l'objet. Finalement on a encore besoin des récipients comme bacs transparents ou non de tailles diverses et bassines. En plus on utilise papiers, crayons, gommes etc pour dessiner, schématiser et noter les expériences et les observations.

Au niveau de l'organisation de la classe un tableau est nécessaire pour écrire ou pour afficher des documents comme des dessins d'expérience. Aussi tables de deux ou un groupe de cinq tables, face au tableau dans le sens de lecture, exceptée la table de réussite qui sert uniquement pour le travail en groupes de besoin (soutien pour les élèves en difficulté ou autonomie pour les élèves ayant terminé un travail demandé). Toutes ces tables peuvent être déplacées au besoin : nous ferons donc des îlots de quatre tables pour simplifier le travail de groupe. Il faut en plus un manuel de « découverte du monde ». Il permet d'avoir de la documentation (illustrations, schémas, cartes, exercices) ainsi que d'être accompagné par le guide du maître. Dans cette classe, il n'y a pas de manuel, donc il faut faire appel à d'autres documents si besoin ou se reposer sur des schémas élaborés manuellement. Enfin le cahier de découverte du monde. Il est

utilisé pour tout qui touche à la découverte du temps et de l'espace, de la matière et du vivant. Il peut être le lieu de dessins d'expériences ou de synthèses de séances. Les élèves pourront y coller leurs dessins d'expérience réalisée ou observée.

3.3. L'introduction à l'expérimentation

En entrant dans la classe, les élèves sauront qu'une séance de sciences va avoir lieu en raison de la disposition des tables et du matériel. Plusieurs approches sont possibles pour aborder le thème avec les élèves. Par exemple l'apparition de glace avec les gelées d'hiver, ce qui nécessite d'attendre que celles-ci se produisent. On peut aussi observer des photos de paysages gelés ou regarder une vidéo sur les sports d'hiver. Dans notre cas, la séance précédemment menée par l'enseignant constituera une approche par un retour sur ce que les élèves avaient fait, observé et constaté. Nous demanderons aux élèves de nous rappeler ce qu'ils avaient découvert, en plus nous n'aurons certainement pas assisté à cette séance. Après avoir fait cela, il faudra présenter le thème de la séance. En reprenant les conclusions de l'introduction où on a discuté que la glace est de l'eau, nous expliquerons qu'aujourd'hui c'est l'inverse que nous faisons, nous fabriquons des glaçons. Puis nous présenterons le matériel et les différents rôles au sein des groupes. Ensuite, nous leur dirons que les groupes sont déjà constitués et qu'après s'être installés chaque groupe devra désigner un rapporteur, un dessinateur et une ou deux personnes qui s'occupent du matériel en fonction de la dynamique du groupe. Nous rappellerons la consigne et enfin demanderons à chacun de s'installer en fonction des groupes que nous aurons déjà élaborés.

Pour prélever les prédictions des élèves, on pourra procéder de différentes manières. On peut imaginer que les élèves réfléchissent à la question « comment fabriquer des glaçons ? » de manière individuelle ou en groupe. Nous essayons de trouver des arguments en faveur de l'une ou l'autre des situations. À l'oral, au sein d'un groupe, les élèves peuvent exprimer leur point de vue, expliquer leurs idées et les justifier. Ils pourront s'entraider et interagir pour progresser. À l'écrit les élèves conservent individuellement une trace de leur hypothèse.

Nous décidons de combiner ces deux possibilités. Une seule hypothèse doit immerger par groupe, ainsi tous les membres ont se mettre d'accord. Nous trouvons intéressant qu'ils aient à confronter leurs idées et à argumenter. Après cela, ils devront tous dessiner l'expérience du groupe sur leur feuille d'expérience et le dessinateur aura à le reproduire en plus grand pour la synthèse collective. Lors de cette phase de prédiction, on peut émettre des hypothèses sur les différentes idées qui pourraient émerger comme « pour fabriquer des glaçons, il faut de l'eau », « il faut mettre de l'eau au réfrigérateur », « il faut mettre de l'eau au congélateur » etc. Enfin il est probable qu'il y ait des mésententes sur la répartition des tâches ou sur l'expérience à mener au sein des groupes.

3.4. Après l'expérimentation

Le bilan des notions abordées pendant la séance peut se faire de manière transmissive : l'enseignant dit aux élèves ce qu'il y a retenir de la séance. Elle peut aussi se faire de

manière constructive, c'est-à-dire que les élèves font un retour sur ce qui a été fait et observé et sur ce qu'on peut conclure. Le questionnement de l'enseignant peut être utile pour guider les élèves. Nous avons décidé de nous appuyer sur cette seconde démarche. Un élève par groupe qui aura été désigné au préalable pourra alors présenter le travail de son groupe à la classe.

Lors de la synthèse, les élèves peuvent rester dans leur groupe, revenir à leur place où tous se déplacent dans le coin regroupement. Du fait de notre choix de conclure à partir des procédures d'élèves, nous avons décidé de tous les faire dans le coin regroupement. À cet endroit les élèves étant proches pourront plus facilement expliquer leur procédure, montrer leurs schémas ou interagir.

4. Discussion

Dans cet article on a présenté une procédure méthodologique pour le déploiement des activités scientifiques dans le cadre de la démarche d'investigation. Cette approche laisse plusieurs questions ouvertes. Comment réagir si les élèves du groupe se disputent et n'arrivent pas à se mettre d'accord ? Dans ce cas et si le sujet est la répartition des rôles, il faudra les imposer pour ne pas perdre trop de temps et leur dire que les rôles changeront lors des prochaines séances de sciences. Si le désaccord porte sur l'hypothèse de l'expérience, par exemple s'ils ont envie de faire plusieurs expériences, il faudra leur répéter la consigne, à savoir qu'une seule expérience est à faire, et que dans un groupe c'est la majorité qui l'emporte. On peut aussi les rassurer : peut-être que les autres groupes auront proposé l'autre expérience et ils pourront voir le résultat.

Une autre question est comment réagir si un élève ne veut pas participer à l'activité. Il faudra alors essayer de comprendre pourquoi et essayer de résoudre le problème. Pour le convaincre on pourra rappeler l'importance de son rôle au sein de son groupe, ainsi que l'intérêt de l'expérience. S'il ne veut toujours pas on peut le laisser observer. Il sera alors intéressant de la laisser s'exprimer lors de la synthèse, afin qu'il se sente tout de même impliqué et qu'il puisse participer à la séance suivante.

Finalement, très intéressante est la question « comment réagir si un élève ne cesse de faire des actions non pertinentes ? ». En réalité si un élève gêne le déroulement de la séance, c'est qu'il n'est pas motivé. Il faut donc faire en sorte qu'il trouve de l'intérêt pour la tâche à accomplir : lui donner un autre rôle, par exemple circuler entre les groupes pour voir où ils en sont s'ils n'ont pas besoin d'aide, les aider à ranger le matériel. Si l'élève est totalement désintéressé, il sera préférable de l'isoler quelques minutes pour le laisser se calmer, en le réintégrant ensuite dans son groupe ou dans le bilan de la séance, pour qu'il ne soit pas pénalisé dans les apprentissages.

Ce cadre méthodologique n'est qu'un itinéraire possible parmi beaucoup d'autres qui ont été formulés et discutés. Cependant, il s'agit d'une mise en forme simple et linéaire qui a donné de bons résultats principalement dans l'enseignement préscolaire et primaire.

Références

- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.
- Bayram, C., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., & Çalik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524-536.
- Cariou J. Y. (2013). Démarches d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7, 137-166.
- Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
- 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.
- Closset, J. L. (1985). Using cognitive conflict to teach electricity. In R. Duit, W. Jung & C. von Rhoeneck (Ed.), *Aspects of understanding electricity* (pp. 267-273). Kiel: Schmidt & Klaunig.
- Dawson, C. L., & Rowell, J. A. (1984). Displacement of water: Weight or volume? An examination of two conflict based teaching strategies. *Research in Science Education*, 14, 67-77.
- Dedes, C. & Ravanis, K. (2009). 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.
- Delclaux, M., & Saltiel, E. (2013). Caractéristiques d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation et évaluation de dispositifs d'accompagnement des enseignants. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7(2), 35-51.
- Gönen, S., & Kocakaya, S. (2010). A cross-age study on the understanding of heat and temperature. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education*, 2(1), 1-15.
- Grigorovitch, A. (2018). Enseignement des sciences par projet et didactique : éléments théoriques pour une coordination. *European Journal of Education Studies*, 4(1), 174-183.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7(2), 9-33.
- Hart, C. (2008). Models in physics, models for physics learning, and why the distinction may matter in the case of electric circuits. *Research in Science Education*, 38, 529-544.
- Hast, M., & Howe, C. (2012) Understanding the beliefs informing children's commonsense theories of motion: The role of everyday object variables in dynamic event predictions. *Research in Science & Technological Education*, 30(1), 3-15.

- Kada, V., & Ravanis, K. (2016). Creating a simple electric circuit with children between the ages of five and six. *South African Journal of Education*, 36(2), 1-9.
- Kaliampos, G., & Ravanis, K. (2019). Thermal conduction in metals: mental representations in 5-6 years old children's thinking. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika 'Al-BiRuNi'*, 8(1), 1-9.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Kotuáková, K. (2013). Teachers' focus on pupil's prior conceptions in Inquiry-Based Teaching. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7(2), 53-71.
- La Main à la Pâte (2019). La démarche d'investigation. Retrieved from <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/17793/la-demarche-dinvestigation>.
- Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
- Leite, L. (1999). Heat and temperature: An analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 75-88.
- Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58.
- Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
- Ouasri, A. (2017). Analyse des difficultés des élèves de deuxième année Baccalauréat marocain en résolution de problèmes de Mécanique. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 39-57.
- Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
- Ravanis, K. (2005). Les Sciences Physiques à l'école maternelle: éléments théoriques d'un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et/ou le développement des activités didactiques. *International Review of Education*, 51(2/3), 201-218.
- Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle : concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.
- Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10-11 year old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137.
- Ravanis, K. (2014). Les représentations des enfants de 5-6 ans sur la fusion et la solidification du sel, comme support pour le déploiement des activités didactiques. *International Journal of Research in Education Methodology*, 6(3), 943-947.
- 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., & Bagakis, G. (1998). Science education in kindergarten: sociocognitive perspective. *International Journal of Early Years Education*, 6(3), 315-327.

- 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. (2014). Children's ideas of changes in the state of matter: solid and liquid salt. *Journal of Advances in Humanities*, 1(1), 1-6.
- Rodriguez, J., & Castro, D. (2016). Changing 8-9 year-old pupil's mental representations of light: a metaphor based teaching approach. *Asian Education Studies*, 1(1), 40-46.
- Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
- Syuhendri, S. (2017). A learning process based on conceptual change approach to foster conceptual change in newtonian mechanics. *Journal of Baltic Science Education*, 16(2), 228-240.
- Tin, P. S. (2016). Peuvent-ils les enfants de l'âge préscolaire construire un modèle pour la flottaison et l'immersion? *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 4(2), 72-76.
- 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.
- Van Hise, Y. A. (1988). Student misconceptions in mechanics: An international problem? *The Physics Teacher*, 26, 498-502.
- Zimmermann-Asta, M. L. (1990). *Concept de chaleur: Contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisations dans un processus d'apprentissage*. Thèse de doctorat, Genève: FPSE-Université de Genève.

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/).