



UNE APPROCHE DES REPRÉSENTATIONS DES ENFANTS DE 5 À 14 ANS SUR LA FUSION ET LA SOLIDIFICATION DU SELⁱ

Konstantinos Ravanisⁱⁱ

Department of Educational Sciences and Early Childhood Education,
University of Patras, Greece

Résumé:

La représentation des propriétés et des phénomènes du monde physique existe dès le début de la vie, comme une donnée première de la réalité. Dans plusieurs recherches centrées sur les représentations des enfants on trouve que ces représentations jouent un rôle décisif à l'enseignement et sont souvent incompatibles au modèle scientifique. Cet article présente les résultats d'une recherche empirique sur les représentations des petits enfants pour la fusion et la solidification du sel. L'échantillon de l'étude est composé de 359 élèves grecs de 5 à 14 ans, partagés en quatre groupes d'âge. Les données ont été recueillies dans le cadre élargi, de type ouvert, semi-structurés conversations individuelles entre d'enfants de l'échantillon et d'un chercheur. Les résultats des entretiens montrent que ces enfants utilisent différentes catégories des représentations, dominées pour la majorité par la nature de la substance que nous étudions.

Mots-clés: représentations, enseignement de la physique, phénomènes thermiques, fusion, solidification

Abstract:

The representation of the properties and phenomena of the physical world exists from the beginning of life, as a first datum of reality. In several studies focused on children's representations, we find that these representations are critical to education and are often incompatible with the scientific model. This article presents the results of an empirical research on the representations of children for melting and solidification of

ⁱ AN APPROACH TO THE REPRESENTATIONS OF CHILDREN FROM 5 TO 14 YEARS ON THE FUSION AND SOLIDIFICATION OF SALT

ⁱⁱ Correspondence: email ravanis@upatras.gr

salt. The research sample consisted of 359 Greek students 5 to 14 years, divided into four age groups. Data were collected through expanded, open type, semi-structured individual conversations between a child of the sample and one researcher. The results of the interviews show that these children use different types of representations, the majority dominated by the nature of the substance under study.

Keywords: representations, teaching physics, thermal phenomena, melting, congelation

1. Introduction

Dans le champ scientifique de la Didactique de la Physique, le problème de la construction des représentations mentales du monde physique dans la pensée chez l'enfant occupe une place primordiale. L'ensemble des didacticiens des sciences contemporains considèrent qu'un apprentissage réussi suppose une transformation des représentations de l'élève (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Johsua & Dupin, 1993; Ravanis, 2010; Kambouri, 2011; Boilevin, 2013; Delserieys, Jégou & Givry, 2014). Bien entendu, pendant les quarante dernières années plusieurs recherches effectuées portent sur l'étude des représentations spontanées des élèves de différents âges pour divers concepts et phénomènes. Dans plusieurs recherches qualitatives et quantitatives, souvent dirigées par des points de vue épistémologiques, psychologiques et didactiques différents, nous pouvons constater que, les enfants approchent le monde physique, formulent certaines représentations qu'elles se trouvent en distance ou en contradiction avec les concepts, le modèles et les théories scientifiques.

Néanmoins il est aujourd'hui acquis, dans le cadre de la communauté des didacticiens de la Physique, que : (a) les représentations mentales des enfants s'avèrent résistantes à l'enseignement scientifique tel qu'il se pratique à l'école et (b) étant le produit de l'histoire individuelle et sociale de l'enfant présentent un caractère dynamique et évolutif mais en même temps, peuvent-être d'obstacle à l'appropriation des concepts scientifiques.

2. Problématique Théorique

L'étude des représentations mentales des élèves sur les notions et les phénomènes thermiques est l'objet des nombreuses recherches qualitatives et quantitatives. Selon les chercheurs qui ont étudié ces questions avec les enfants de moins de 14 ans nous pouvons distinguer une série des difficultés et des obstacles persistants aux raisonnements des élèves (Tiberghien, 1983, 1985; Andersson, 1990; Kesidou, Duit &

Glynn 1995; Harrison, Grayson & Treagust, 1999; Tytler, 2000; Ravanis, Papandreou, Kampeza & Vellopoulou, 2013; Rodriguez & Castro, 2014; Kampeza, Vellopoulou, Fragkiadaki & Ravanis, 2016; Skoumios & Moutzouri, 2016): Il n'y a pas de distinction entre la chaleur et la température et souvent les enfants pensent que la température mesure la chaleur, la température est une propriété intrinsèque de la matière et/ou des objets, il existe des objets chauds et froids par nature, le chaud et le froid sont deux entités distinctes, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont ambiguës. Dans ce cadre de recherche un champ particulier est l'indentification des représentations des enfants sur le changement d'état. Ce changement, c'est-à-dire le passage d'un état de la matière à un autre, est un phénomène crucial pour la physique étant donné qu'on peut l'observer dans les laboratoires dans diverses situations expérimentales mais surtout dans la nature où, sous différentes formes, il influence les conditions de vie.

La plupart des recherches réalisées sur les changements d'état, pour les élèves jusqu'à 14 ans, touchent une transition de phase lors du passage d'un état de la matière à un autre, les changements visibles de l'eau ou des substances surtout dans des conditions de la vie quotidienne et/ou la vie humaine sur terre: la fusion des glaces de mer en Arctique, l'ébullition et l'évaporation de l'eau dans la cuisine, le cycle de l'eau dans la nature etc. Ces recherches ont constaté que la majorité d'enfants pensent que : plus on fait chauffer de l'eau qui bout plus sa température augmente, la température d'une substance ne peut pas dépasser son point d'ébullition, la glace ne change pas de température, la condensation, l'évaporation, la liquéfaction, la solidification et la fusion sont des termes uniquement reliés à l'eau, à 0 °C tout gèle et à 100 °C tout bout, pendant la transition de phase la température ne reste pas invariante, l'équilibre thermique n'est pas reconnu.

En tentant estimer l'ensemble de ces représentations mentales nous pouvons distinguer l'insistance et éventuellement l'influence du contenu empirique des tâches réelles proposées, étant donné que les représentations se forment à partir des situations de l'environnement physique et social, c'est-à-dire d'éléments extérieurs retenus de façon sélective, dissociés de la condition de départ et utilisés pour une construction cognitive originale (Giordan & De Vecchi, 1987). En réalité les représentations n'existent pas telles quelles avant la condition qui conduit les enfants à les organiser au niveau de l'activité mentale en réalisant une production. C'est-à-dire qu'avec le travail sur les représentations dans l'élaboration de leur pensée on ne peut pas négliger le problème qu'on soumet aux élèves et la grande importance de la production sollicitée. C'est pour cette raison que nous trouvons intéressant d'étudier et classer les représentations des élèves en leur proposant un problème de changement d'état qui n'est pas habituel dans

la vie quotidienne. Donc nous avons choisi le phénomène de fusion et de solidification du sel, un sujet inconnu pour les élèves qui savent ceci sous forme solide et non sous forme liquide.

Après deux approches avec les élèves de 5-6 et de 10-11 ans (Ravanis, 2013, 2014a, 2014b), dans cet article notre question de recherche porterait sur les différences et les similitudes des représentations des enfants âgés de 5 à 14 ans sur la fusion et la solidification du sel, avant de prendre part à des cours organisés sur les changements d'état de la matière, afin de repérer les difficultés et les obstacles que nous rencontrerons au cours de l'enseignement de ces savoirs.

3. Méthodologie

3.1 L'échantillon et le recueil de données

À cette recherche ont participé 359 élèves, partagés en quatre groupes d'âge (groupe A : 89 sujets de 5 à 6 ans (moyenne d'âge: 5 ans et 6 mois, S.D. 4 mois) provenant de la maternelle (grande section), groupe B : 95 sujets de 8 à 9 ans (moyenne d'âge: 8 ans et 7 mois, S.D. 2 mois), groupe C : 89 sujets de 10 à 11 ans (moyenne d'âge: 10 ans et 8 mois, S.D. 3 mois) provenant de l'école primaire et groupe D : 85 sujets de 13 à 14 ans (moyenne d'âge: 13 ans et 8 mois, S.D. 3 mois) provenant de l'école secondaire. La population provient de classes d'écoles maternelles, primaires situées et secondaires au centre de Patras (ville de la Grèce). Il s'agit d'enfants dont les parents ne disposent pas de connaissances particulières en Sciences Physiques puisqu'ils n'ont pas fait d'études universitaires (niveau d'étude compris entre la fin du primaire et la fin du secondaire). Les sujets de 5-6 et 8-9 ans de l'échantillon de cette recherche, n'ont pas reçu avant d'enseignement systématique organisée sur les notions de fusion et de congélation des solides. Pourtant les enfants de 10-11 et 13-14 ans dans les classes précédentes ils avaient travaillé dans la classe sur le phénomène du changement d'état de la glace. Les curriculums de Sciences Physiques pour l'école en Grèce sont des programmes du type « traditionnel », c'est-à-dire basés uniquement sur le contenu scientifique ; ils ont été élaborés sans que des études méthodiques au niveau pédagogiques et psychologiques soient prises en considération.

3.2 La procédure

L'approche des représentations des enfants a été effectuée au moyen d'entretiens individuels directifs. Chaque entretien a duré environ 10 à 15 minutes et elle a eu lieu dans une salle spécialement aménagée à cet effet dans chaque école. Aux enfants ont été proposées trois tâches possibles et réalisables, mais non vraiment réalisées. Les

discussions avec les enfants dans les cadres de ces tâches concernaient l'exploration de l'échauffement et de la congélation d'une quantité du sel sur un camping-gaz.

3.3 Les tâches utilisées

La compréhension par l'élève du rapport de cause à effet qui rend compte du phénomène de changement d'état du sel a été testée à travers les tâches suivantes :

Tâche 1. Avec la première question, nous essayons d'étudier si les enfants ont une idée exacte sur la conséquence de l'échauffement du sel. À chaque enfant, nous posons la question : « Je vais allumer un camping-gaz et puis je vais mettre sur le gaz le récipient qui a du sel dedans. Qu'est-ce qui va se passer? ».

Tâche 2. Quelle sera le résultat d'un échauffement continu du sel ? À chaque enfant, nous posons la question : « Supposes que on laisse le récipient plein de sel sur le camping-gaz et qu'on revient demain matin. Qu'est-ce qui se passerait? ».

Tâche 3. Enfin, quelles qu'elles soient leurs représentations sur l'état de sel, si nous nous arrêtons le chauffage continu qu'est-ce qui va arriver? Ainsi, nous demandons aux enfants de prévoir « si on arrête le fonctionnement du camping-gaz et puis on revient demain matin qu'est-ce qui va se passer pour le sel ? ».

4. Résultats

La compréhension par l'élève du rapport de cause à effet qui rend compte du phénomène de changement d'état a été testée à travers les tâches suivantes :

Tâche 1. À la première tâche les réponses des enfants à quatre groupes différents, ont été catégorisées de la manière suivante :

- a) De réponses estimées comme suffisantes qui prévoient clairement la liquéfaction du sel. Par exemple : Sujet 21, Groupe A (S21-GA) : « Le sel sera comme..... c'est... l'eau.... ». Chercheur (C) : « Et la couleur du sel sera la même avec de l'eau ? ». S21-GA : « sa couleur sera blanc.... comme le sel.... », S32-GB: « Le sel sera chaud..... c'est tout ». C. « Qu'est ce qui pourrait lui arriver d'autre que chauffer ? ». S32-GC: « il pourrait.... il pourrait se transformer en liquide.... et puis en gaz si on chauffait ça encore.... ». S82-GD : « Je pense que le sel va fondre de la chaleur du camping-gaz..... ».
- b) Réponses intermédiaires. Les enfants dans ce cas, en faisant des efforts à décrire le phénomène, ne sont pas en mesure de fournir une prévision stable bien qu'ils se réfèrent à une idée vaste de la fusion. P. ex. S79-GA : « Le sel va fondre.... comme le café qui fait mon papa.... ». C: « Comme le café..... ». S79-GA : «....

Mais dans le pot... on met de l'eau..... (elle pense)..... Non je pense..... je ne sais pas..... », S14-GB: « Le sel va chauffer mais pas beaucoup... il ne va pas fondre.... ». C: « Il peut fondre ou il ne peut pas fondre sur le camping-gaz ? ». S14-GB: «Oui il peut fondre..... Non je ne pense pas parce que ce n'est pas... ce n'est pas..... ça chauffe pas assez fort » C: « Si nous avons un feu très, très fort ? ». S14-GB: «Je sais pas..... Je ne suis pas sûre », S16-GC : «Je pense que ce serait fondre mais je ne suis pas sûr si le sel fond je ne sais pas.....».

- c) Réponses insuffisantes. Sont regroupées ici les réponses qui n'évoquent pas la relation entre l'échauffement et le changement d'état ou ne se réfèrent pas directement à l'augmentation de la température du sel. P. ex. S38-GA : « ... Peut-être.... la poudre va être plus chaud », S61-GC: « Je ne sais pas ». C: « Et si tu touches le sel qu'est-ce que tu vas sentir ? ». S61-GC: « ... Peut-être.... y va être plus chaud », S12-GD : « ... Je ne suis pas sûr..... Je ne sais pas ».

Tâche 2. À la deuxième tâche les réponses prises ont été classées en trois catégories :

- a) Réponses suffisantes. Nous considérons que des réponses suffisantes, donnent les enfants qui arrivent à expliquer que le chauffage continu va conduire à la fusion du sel. Les raisonnements qui exposent les enfants ne sont pas absolument stables à cause de l'estimation de la puissance de la flamme du camping-gaz, mais en général ils reconnaissent une relation qualitative échauffement-passage du sel à l'état liquide. P. ex. S55-GA : « Le sel sera comme de la poudre fondue...», S7-GC: « Il va fondre.... Il sera liquide », S66-GD : « Le sel va fondre. Je pense que lorsque nous réchauffons de sel.... il sera comme la crème Je ne sais pas si elle est de la même couleur mais il est certainement devenu liquide ».
- b) Réponses intermédiaires. Ces réponses font une liaison du chauffage, de l'augmentation de la température et du changement d'état mais elles restent incertaines et/ou incorrectes. P. ex. S66-GA : « Si on chauffe... alors le sel va brûler..... mais comment cela se fait Je ne sais pas ce qui se passe », S71-GB : « Le sel chaufferait trop mais je ne sais pas ce qui se passera après », S.60-GC : « Le sel est comme..... est comme une poudre..... Je ne suis pas sûr.... mais il va peut-être s'évaporer ».
- c) Réponses insuffisantes dans lesquelles les enfants ne reconnaissent pas que le sel augmente la température quand il est chauffé ou ils n'arrivent pas jusqu'à une liaison du chauffage au changement d'état. P. ex. S71-GA : «Ça brûle.... le métal.... », C: « Et le sel ? » S71-GA : « On n'a pas chauffé le sel..... on brûle le récipient». S53-GB : «Faire chauffer la casserole? Le sel qui touche le métal va se

chauffer», C. : «Et le sel qui est au centre du pot?», S. 33. « Je ne sais pas...», S11-GC: «Le récipient rougirait et puis le sel il resterait normal.... ». C: « C'est-à-dire ? » ? S11-GC: « Il resterait.... un peu plus chaud mais... normal ».

Tâche 3. À la troisième tâche nous demandons aux enfants de prévoir « si on arrête le fonctionnement du camping-gaz et puis on revient demain matin qu'est-ce qui va se passer pour le sel ? ». À cette question on attend des réponses qui correspondent aux différentes représentations exprimées aux deux tâches précédentes. Nous avons obtenu des réponses que nous avons classées aussi en trois catégories :

- a) Réponses suffisantes qui prévoient clairement aux tâches 1 et 2 la fusion du sel et maintenant la solidification du sel liées à l'équilibre thermique. P. ex. S69-GB : « ...Il se refroidir à nouveau et devenir le sel ». Un élève (S32-GC) qu'il reconnaît que plusieurs objets dans une pièce sont à la même température répond directement : « Le sel sera refroidi.... comme le récipient et la pièce ». Un autre élève (S41-GD) explique : « Il va être solide. Il va être refroidi.... en raison de l'air ... arrivera à la température ambiante».
- b) Réponses intermédiaires. Dans ces réponses les élèves se réfèrent à l'échange de chaleur et à la relation liquéfaction–solidification du sel mais ils n'arrivent pas à comprendre clairement à l'équilibre thermique. P. ex. S61-GA : « Ça va refroidir..... si nous ne chauffons le sel va refroidir ce serait comme avant ... », S27-GC : « Ça va refroidir..... ça va refroidir d'abord ça va se refroidir le haut et petit à petit ça va aller vers la bas..... parce que c'est la partie qui est la plus à l'air..... Demain matin il serait à la température de l'air de la pièce (C : Mais pourquoi ?) je ne sais pas exactement », S22-GD : « Si nous ne chauffons pas le sel refroidir c'est un phénomène physique..... un objet chaud est refroidi dans l'environnement ».
- c) Réponses insuffisantes. Dans les réponses de cette catégorie on voit que les élèves n'utilisent pas la notion d'échange de chaleur et d'équilibre thermique. P. ex. S82-GA : « Le sel..... il va se refroidir un peu mais il sera toujours plus chaud ... il a réchauffé beaucoup à cause de la flamme ... ». C. « Le sel sera plus chaude que quoi? ». S82-GA : « plus chaud que tout », S11-GB : « Je crois qu'il va refroidir mais je ne sais pas combien de degrés comme le sel est très chaud Je ne sais pas à quelle température deviendra », S40-GC: « ... L'indication du thermomètre va commencer par descendre et si on revenait demain matin.... le sel sera à la température première.... le récipient sera à la même température que le sel... le récipient sera plus froid que l'air de la chambre... parce que les casseroles sont toujours plus froides ».

Dans le tableau sont présentées les répartitions des réponses des sujets aux trois tâches proposées.

Tableau : Fréquences des réponses des élèves aux trois tâches

	Tâche 1				Tâche 2				Tâche 3			
	5-6 ans	8-9 ans	10-11 ans	13-14 ans	5-6 ans	8-9 ans	10-11 ans	13-14 ans	5-6 ans	8-9 ans	10-11 ans	13-14 ans
Réponses suffisantes	3	3	5	7	3	5	10	13	0	1	4	9
Réponses intermédiaires	24	31	33	42	29	38	37	37	21	25	24	25
Réponses insuffisantes	62	61	51	36	57	52	42	35	68	69	61	51

5. Conclusion et Discussion

L'analyse présentée dans cet article se structure autour (a) de l'examen des représentations mentales des enfants de 5 à 14 ans et (b) de l'indentification des dissemblances éventuelles au sein des quatre groupes d'âge différents. Cet examen est basé sur les verbalisations des élèves à propos dans trois tâches liées au phénomène de changement d'état du sel, c'est-à-dire d'un changement non familière. Selon le modèle scientifique transposée à l'enseignement, le problème fondamental en ce qui concerne la structure d'un raisonnement sur le changement d'état est le passage de la reconnaissance simple de la matière avec propriétés intrinsèques au concept abstrait de transformation durant des échanges thermiques.

La présentation des données a remarqué des difficultés et nous a conduit à la formulation des cadres représentatifs des enfants sur la notion de changement d'état. Les résultats obtenus aux deux premières tâches indiquent que majoritairement le sel n'est pas une substance qui passe de l'état solide à l'état liquide et ceci est produit par une interprétation centrée sur les aspects perceptifs, basées sur les expériences de la vie quotidienne. En étudiant les résultats dans leur intégralité, nous pouvons observer que, en commençant par les enfants de 5 ans et en se déplaçant vers les enfants de 14 ans, il y a une amélioration nette des représentations mais pas statistiquement significative. Les résultats obtenus à la troisième tâche confirment les données recueillies aux deux premières tâches mais aussi constatent que plus d'enfants ont du mal à admettre la transformation inverse c'est-à-dire la solidification du sel liquide.

Les données analysées sont semblables avec les résultats des recherches pareilles (Zimmermann-Asta, 1990; Skoumios & Hatzinikita, 2010; Ravanis, 2013, 2014b;

Rodriguez & Castro, 2014). En réalité, les trois tâches virtuelles proposées, non réalisées et basées à une simple discussion avec les enfants, ont permis l'émergence d'un certain nombre des obstacles reconnues dans ces études antérieures. De la même façon, dans le cadre des perspectives didactiques, les résultats de notre recherche (Jones, 1984; Tytler, 2000; Gönen & Kocakaya, 2010), permettent d'identifier que la difficulté essentiel au moins jusqu'à l'âge de 13-14 ans, n'est pas simplement celui d'admettre le changement d'état. La difficulté primordiale est associée à l'obstacle de la procédure des échanges de chaleur entre les objets dans un système et dans notre cas entre le sel liquide ou solide et l'air, c'est-à-dire au principe de l'équilibre thermique.

Ainsi, pour valoriser nos résultats, les difficultés principales pour les enfants de ce spectre d'âges à la compréhension du changement d'état est l'adhésion aux propriétés perceptibles de substances qui sont communs dans la vie quotidienne et estimés comme indépendants des échanges thermiques entre les objets d'un système (Laval, 1985; Jones & Lynch, 1989; Baser, 2006; Ravanis, 2014a).

Dans le cadre de la recherche de la Didactique des Sciences Physiques, nous connaissons qu'un guidage méthodique peut modifier les schèmes explicatifs et l'argumentation des enfants. La question proprement didactique qui se pose alors est comment l'enseignement systématique peut créer des dispositifs de travail didactique pour aider l'élève à réorganiser et modifier ses représentations spontanées du monde naturel (Kampeza & Ravanis, 2009; Fragkiadaki & Ravanis, 2014; Kambouri & Michaelides, 2014, 2015). Cette question renvoie au problème encore ouvert et exploitable concernant l'efficacité de différentes procédures didactiques permettant d'arriver à une interprétation au niveau qualitatif et/ou quantitatif pour les enfants les plus âgés basée sur l'idée de la transformation réversible des substances et à la distinction de la stabilité de la matière mais aussi à la relativité de son état, liée à la température.

Références

1. Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
2. Baser, M. (2006). Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of Heat and Temperature concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 96-114.
3. Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
4. Delsewieys, A., Jégou, C., & Givry, D. (2014). Preschool children understanding of a precursor model of shadow formation. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Part 15 (co-ed. E. Glauert & F. Stylianidou, Early years science education) (pp. 5-13). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
5. Driver, R., Guesne, E., & A. Tiberghien (Eds). (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
6. Fragkiadaki, G. & Ravanis, K. (2014). Mapping the interactions between young children while approaching the natural phenomenon of clouds creation. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 1(2), 112-122.
7. Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir, Des conceptions des apprenants aux conceptions scientifiques*. Paris: Delachaux & Niestlé.
8. Gönen, S., & Kocakaya, S. (2010). A cross-age study on the understanding of heat and temperature. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2(1), 1-15.
9. 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.
10. Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
11. Jones, B. L. (1984). How solid is a solid: does it matter? *Research in Science Education*, 14, 104-113.
12. Jones, B. L., & Lynch, P. P. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.
13. Kambouri, M. (2011). Children's misconceptions and the teaching of early years Science: a case study. *Journal of Emergent Science*, 2(2), 7-16.

14. Kambouri, M., & Michaelides, A. (2014). Using drama techniques for the teaching of early years Science: a case study. *Journal of Emergent Science*, 7, 7-14.
15. Kambouri, M., & Michaelides, A. (2015). Dramatic water: using a drama-based approach to science in the early years. *Primary Science Journal*, 135, 10-12.
16. 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.
17. Kampeza, M., Vellopoulou, A, Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2016). The expansion thermometer in preschoolers' thinking. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 185-193.
18. Kesidou, S., Duit, R., & Glynn S. M. (1995). Conceptual development in physics: students' understanding of heat. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds), *Learning science in the schools: research reforming practice* (pp. 179-198). Mahwah, NJ: Erlbaum.
19. Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
20. 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.
21. 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 (2013).
22. Ravanis, K. (2014a). Représentations et obstacles des enfants de 10 à 11 ans sur la fusion et la solidification du sel : perspectives didactiques. *Revue Africaine de Didactique des Sciences et des Mathématiques*, 10, 1-8.
23. Ravanis, K. (2014b). 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.
24. Ravanis, K. Papandreou, M. Kampeza, M., & Vellopoulou, A. (2013). Teaching activities for the construction of a precursor model in 5-6 years old children's thinking: the case of thermal expansion and contraction of metals. *European Early Childhood Education Research Journal*, 21(4), 514-526.
25. 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), 13-16.
26. Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2010). Exploring pupils' "pathways" towards the identification of obstacles: the case of thermal equilibrium. *The International Journal of Learning*, 17(10), 71-87.

27. Skoumios, M., & Moutzouri, G. (2016). The contribution of teaching sequences to the development of students' conceptions: temperature and phase changes. *International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 23(2), 1-19.
28. Tiberghien, A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de la température et chaleur pour les élèves de 10 à 16 ans. In *Atelier International d'été : Recherche en Didactique de la Physique* (pp. 55-74). La Londe les Maures: CNRS.
29. Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature, part B. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52-84). Milton Keynes: Open University Press.
30. Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.
31. 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, FPSE-Université de Genève, 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/).