



ÉLABORATION EXPÉRIMENTALE DES REPRÉSENTATIONS MENTALES DES ÉLÈVES DE 16 ANS SUR LES CONCEPTS THERMIQUESⁱ

Phan Sung Tinⁱⁱ

American Pacific University,
Vietnam

Résumé:

Dans cet article est discutée la possibilité de transformer les représentations mentales des élèves sur certains concepts thermiques. En posant comme question de recherche « comment opérer cette transformation ? », on a proposé de situations expérimentales pendant lesquelles les élèves confrontent les faits affirmés avec ceux qui les contredisent. À cette recherche qualitative ont participé 24 élèves (12 garçons et 12 filles) de 16 ans. L'analyse des données de la recherche montre que les représentations naïves provoquent des obstacles dans la compréhension des phénomènes mais dans certains cas, il est possible de les surmonter.

Mots-clés : représentations mentales, enseignement expérimentale, concepts thermiques, enseignement secondaire.

Abstract:

In this article is discussed the possibility of transforming mental representations of students on some thermal concepts. By asking as research question "how to operate this transformation?", it was suggested that experimental situations during which students confront the facts asserted with those that contradict them. This qualitative research involved 24 students (12 boys and 12 girls) aged 16. The analysis of the research data show that naïve representations cause obstacles in understanding the phenomena but in some cases it is possible to overcome them.

Keywords: mental representations, experimental teaching, thermal concepts, secondary education

ⁱ EXPERIMENTAL ELABORATION OF MENTAL REPRESENTATIONS OF 16-YEAR OLD STUDENTS ON THERMAL CONCEPTS

ⁱⁱ Correspondence: email phansungtin@gmail.com

1. Introduction

La discussion sur les constructions mentales des enfants dans son milieu social et naturel sur les phénomènes du monde physique, est bien connue depuis cinquante ans dans le cadre de la recherche en Didactique des Sciences Physiques et des Sciences de la Vie et de la Terre. Ces constructions qu'on trouve dans la bibliographie comme « représentations », « conceptions alternatives », « idées intuitives », « préconceptions » etc, ont été identifiées chez la pensée des élèves de l'école maternelle jusqu'à l'université et l'ensemble objets didactiques en sciences : en Électromagnétisme (Closset, 1985; Hart, 2008; Nertivich, 2013), en Optique (Ravanis, 2000; Kokologiannaki & Ravanis, 2012; Castro & Rodriguez, 2014), en Biologie (Kos & Jerman, 2015; Tomažič, Pihler & Strgar, 2017), en Chimie (Panmueang, Chomchid & Soamtoa, 2017; Iin, 2018) etc. Étant donné que très souvent ces représentations à travers lesquels l'élève approche le monde des concepts des sciences et des phénomènes physiques se trouvent en opposition et/ou en déséquilibre avec les modèles scientifiques à enseigner, les recherches en Didactique des Sciences Physiques et de Sciences de la Vie et de la Terre, visent à la création des séances d'enseignement susceptibles de permettre la construction de la pensée scientifique (Dawson & Rowell, 1984; Ravanis, Charalampopoulou, Boilevin & Bagakis, 2005; Castro, 2013; Rodriguez & Castro, 2016; Tin, 2016).

« 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).

Une série des recherches sur les représentations des élèves dans les champs des concepts, des notions et des phénomènes thermiques (chaleur, température, équilibre thermique etc) a conduit à l'identification des difficultés et des obstacles divers qui sont distincts pour les enfants d'âges et de niveaux scolaires différents: la confusion entre la chaleur et la 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 ambiguës, 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).

En demandant aux élèves à discuter et réaliser des expériences transportées à la classe de leurs vies quotidiennes où les notions la chaleur et température sont présentes, ils sont capables de s'exprimer facilement. Cependant à cause de leurs représentations, leurs interprétations fournies des phénomènes avant et après la réalisation des expérimentations sont souvent différentes, contradictoires et parfois conflictuelles. À leurs réponses et explications on peut distinguer trois types différents de lecture :

- Au premier l'élève fait usage du vocabulaire courant exposant les croyances quotidiennes.
- Au deuxième ils évoquent un vocabulaire scientifique influencé par l'enseignement traditionnel mais leurs prédictions et représentations sont fausses.
- Au troisième type de lecture les élèves utilisent certains concepts d'une façon compatible aux modèles scientifiques.

Dans cet article nous relaterons une expérience d'enseignement concrète qui vise à l'aide d'épreuves proposées à une confrontation aux représentations spontanées des élèves c'est-à-dire aux types de lecture « croyances quotidiennes » et « idées fausses ». Ces confrontations conduisent à identifier certains obstacles conceptuels et en plus à un essai d'interprétation d'une série phénomènes thermiques.

2. Le cadre méthodologique

2.1. L'échantillon

À cette recherche qualitative ont participé 24 élèves (12 garçons et 12 filles) de 16 ans (moyenne d'âge : 15 ans et 11 mois) de deux classes d'une école secondaire urbaine. Ces sujets, avaient reçu auparavant dans ses classes à l'école primaire et secondaire, un cercle complet des cours classiques sur les concepts et les phénomènes thermiques. Ces élèves ont été répartis dans six groupes composés de 4 sujets chacun (2 garçons et 2 filles).

2.2. La procédure

Pour révéler les représentations des enfants et tenter de saisir certaines difficultés à la conceptualisation et le dépassement des obstacles, nous avons composé un questionnement mettant en jeu des situations familières. Ainsi nous avons utilisé le vocabulaire du langage courant en évitant d'utiliser les termes spécialisés comme

"chaleur" et "température" afin de ne pas favoriser des éventuelles mémoires d'une intervention didactique précédente. De plus nous avons organisé des discussions au niveau qualitatif pour éviter que des difficultés formelles ou de calcul n'occultent les difficultés de conceptualisation. Toute la procédure a eu lieu dans les laboratoires des écoles.

À la première phase de la procédure le but est le recueil des représentations des élèves. On leur propose deux expériences en rapport avec le phénomène de l'ébullition de l'eau : la cuisson des pâtes et le chauffage d'une quantité d'eau dans laquelle on dissout une quantité importante de sel. Ils discutent pour et sur les expériences, expliquent les faits observés en se souvenant d'une situation antérieure ou qu'ils vont observer en les réalisant.

On présente ensuite le cadre des consignes et des questions qu'on pose. « Dans la vie quotidienne on observe des phénomènes en rapport avec la chaleur et la température. Durant la cuisson des pâtes ou le chauffage d'un pot contenant de l'eau et du sel interviennent les notions de chaleur, de température ou d'autres notions thermiques. Référez en quelques mots vos expériences, présentez les faits que vous aviez observé, proposez les notions de physique qui sont intervenues et expliquez vos raisonnements et vos remarques ». Après avoir répondu à ces questions, les élèves passent à la préparation du matériel, la planification et la réalisation des expériences dont le but est l'articulation des questions et des réponses, la séparation des variables, la formulation des concepts. On propose donc aux élèves : « Vous allez faire les expériences. En tenant compte des faits observés au cours de la réalisation des expériences, que pensez-vous sur la chaleur, la température ou les autres concepts thermiques ? ».

Le but visé au cours de ces étapes est celui de contredire les explications émises afin de mettre en évidence les difficultés faisant obstacle à la conceptualisation des entités qu'on discute dans notre recherche. Mais aussi de mettre en œuvre quelques stratégies pouvant soutenir le dépassement des obstacles cognitifs et conduisant vers l'interprétation conceptuelle des phénomènes thermiques en jeu. Les élèves rapportent oralement les expériences, exposent les faits observés et les résultats trouvés. Les discussions ne commencent qu'après avoir écouté et pris notes des comptes rendus exposés. Avant de passer à l'élaboration et l'analyse des données, remarquons que toutes ces séances avaient été enregistrées. Toutes les données récoltées au cours des phases précédentes ont été retranscrites.

Pour toute expérience discutée par les élèves, nous nous sommes posé chaque fois les questions suivantes :

- Quelle orientation prend-il en compte au cours des phases expérimentales diverses ?
- Quel est le type de stratégies expérimentales mises en œuvre par les élèves pour caractériser l'ensemble des démarches destinées à organiser l'expérience ?
- Quelles confrontations entre les prévisions et les observations des expériences ont contribué à faire évoluer les représentations des élèves vers les explications hypothétiques ?

3. Résultats et conclusions

3.1. Certains exemples de représentations d'élèves

Dans le quatrième groupe les élèves discutent sur la cuisson des pâtes. Ils savent qu'avant de mettre de pâtes dans le récipient placé sur le camping-gaz et contenant de l'eau, l'eau doit d'abord bouillir. Dès que l'eau bout ils plongent dans le récipient de pâtes. Avant d'accomplir toutes ces actions, un élève (Sujet 12 – s. 12) dit : « comme l'eau bout à 100° degrés, ça continuera à avoir la même température avec les pâtes..... car le camping-gaz chauffe toujours..... ça continue à bouillir et ça garde sa température maximale ». Après avoir décrit leur expérience ils la réalisent sans utiliser le thermomètre.

Les élèves du sixième groupe observent et se concentrent sur les différents phénomènes suivants. Formation des bulles qui s'écrasent certains contre le fond et d'autres à la surface de l'eau, c'est-à-dire le phénomène de convection de chaleur. La température de l'eau en ébullition est stable aux 100 degrés mais la température du mélange eau-sel n'est pas stable. En discutant dans ce cadre des phénomènes un élève (s. 13) s'explique : « Je connais que l'eau en ébullition atteint une température-limite de 100 degrés. Je crois que quand on ajoute du sel la température ne change pas..... le mélange continu à bouillir..... ».

Les élèves du premier groupe en travaillant aussi avec le mélange eau-sel, ils proposent de mettre du sel dans l'eau dès qu'elle se mettra à bouillir et de la laisser sur le camping-gaz « jusqu'à la disparition totale ». Un élève (s. 23) explique que « la température de l'eau salée qui pique sur la langue, quand elle bout ne est pas égale à 100 degrés..... l'eau salée est différente de l'eau non salée ». En réalisant l'expérience ils observent la formation des bulles au fond du récipient qui montent après un peu plus tard pour s'écraser à la surface de l'eau en disant « la chaleur monte de bas en haut (s. 17) ». Un autre élève pose pour le même problème une question d'ordre méthodologique : « Je sais que lorsqu'on mesure la température d'ébullition de l'eau dans le labo il est difficile..... il est rare de trouver 100° C..... Cette température est affectée par la présence des substances dissoutes, comme par exemple l'eau du robinet qui n'est pure.... » (s. 8).

Pendant le travail du deuxième groupe les enfants font la même constatation et l'expérimentatrice pose la question « vous pensez que c'est toujours comme ça ? » Un élève (s. 11) répond : « Oui..... les bulles montent en partant du fond jusqu'à la surface de l'eau » et une autre élève (s. 24) a dit « Oui elles montent jusqu'au niveau où on met le couvercle de la casserole..... quelques fois ça pousse le couvercle et cela peut rebondir dans l'air ».

L'expérimentatrice demande aux élèves du troisième groupe de prévoir qu'est-ce qui va arriver si ils vont continuer à chauffer l'eau salée jusqu'à demain. Un élève (s. 4) explique : « L'eau va l'eau va disparaître..... va s'évaporer.... Il y aura du sel comme nous l'avons mis..... Le sel ne change pas de forme ou de couleur ». Mais le fait que après l'évaporation complète de l'eau, il y a du sel légèrement coloré et n'ayant pas le

même forme qu'avant, déstabilise le raisonnement de l'élève : « j'en suis pas sûr..... ».

3.2. Les raisonnements des élèves

Les raisonnements des enfants au niveau qualitatif avant et après les expérimentations ont le même statut étant donné d'une bipolarité : compatible ou non avec les modèles scientifiques explicatifs (Valanides, Gritsi, Kampeza & Ravanis, 2000; Sotirova, 2017). On présente ensuite quelques réflexions que nous pouvons déduire des situations décrites ci-avant comme exemples choisis des échanges très riches des expérimentateurs avec les élèves.

La question de la propagation de la chaleur par convection est posée d'une façon intensive. Pendant les expériences il apparaît clairement que la chaleur se propage de manière univoque, de bas en haut, et omnidirectionnelle, c'est-à-dire verticalement. C'est qui paraît intéressant est la distinction du point de vue perceptif entre l'eau salée et non salée ou plus généralement mélangée ou non mélangée. En réalité cette remarque partie du niveau perceptif conduit à la domination des données physiques médiates. C'est cette donnée qui remet en cause la généralisabilité du phénomène de la température d'ébullition de l'eau à tout mélange formé de l'eau bouillante et d'une autre substance familière ou non. Par rapport au résidu salin observé après l'évaporation de l'eau, malgré de sa dissolution dans l'eau qui bout, le sel retrouvera son état initial, sa forme et sa couleur. Certains élèves semblent dire que la chaleur ne pouvait pas opérer uniquement sur l'eau puisqu'elle doit totalement s'évaporer.

Sur la question de la température d'ébullition d'eau, ces élèves savent en général que l'eau bout à 100° C et aussi ils savent que la chaleur fournie à un corps lui accroît sa température. Dans ce cadre on constate qu'une grande majorité comprend que la chaleur fournie mène l'eau à l'ébullition et comme la température atteint par l'eau qui bout ne doit pas varier elle est transposable à tout mélange constitué de l'eau bouillante et d'une autre substance. En plus une partie des élèves, croit que l'eau ayant atteint sa température maximum, elle la conserve quelques instants même si elle n'est plus en contact avec une source de chaleur en fonction. En codifiant les discussions dans les groupes différentes on a constaté que seules les notions de la chaleur et de la température à un niveau intuitif, c'est-à-dire éloignées et/ou contradictoire au modèle scientifique, jouent un rôle dans les phénomènes évoqués. En plus, du fait de l'inexistence d'échanges thermiques entre la quantité d'eau qui a bouilli et le milieu ambiant, l'idée de la conservation de la quantité de chaleur n'est pas rare. Pour les élèves bien familiarisés aux processus de refroidissement et de réchauffement, le principe d'équilibre thermique est méconnu. Aussi absolument absente est le concept de chaleur massique due, éventuellement, au programme scolaires.

Les situations expérimentales proposées et réalisées semblent être un environnement pertinent pour envisager et élaborer les représentations des élèves. Durant la discussion en rapport avec les expériences les élèves ont eu l'occasion de confirmer ou rejeter leurs prévisions. Par exemple, ils discutent plus d'une fois les certitudes des autres élèves sur la non-identification de la température d'ébullition de

l'eau avec celle du mélange d'eau bouillante et du sel. Mais une généralisation éventuelle aux autres substances demanderait de s'appuyer sur d'autres exemples.

Du point de vue conceptuel, ces situations rendent évidentes l'existence d'une compétition entre les conceptions plus abstraites et compatibles aux scientifiques que l'enseignement se doit de dispenser et les représentations des enfants éloignées des modèles thermiques classiques. L'enseignement de ces concepts thermiques réussirait s'il permet émerger les conflits, les déstabilisations et des ruptures intellectuelles, entre ces deux types de "lectures". Ces conflits, déstabilisations et ruptures peuvent permettre à douter sur les évidences qu'offrent les représentations naïves (Closset, 1985; Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis & Shourchah, 2003; Rodriguez & Castro, 2016) et à conduire vers le début de démarche d'investigation.

Références

1. Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.
2. 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.
3. Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
4. 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.
5. Closset, J. L. (1985). Using cognitive conflict to teach electricity. In R. Duit, W. Jung & C. von Rhoneck (Ed.), *Aspects of understanding electricity* (pp. 267-273). Kiel: Schmidt & Klaunig.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
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. 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.

11. Iin, F. (2018). Identifying student's learning obstacle of shift equilibrium chemistry by using worksheets. *International Education and Research Journal*, 4(4), 83-84.
12. Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2012). Mental representations of sixth graders in Greece for the mechanism of vision in conditions of day and night. *International Journal of Research in Education Methodology*, 2(1), 78-82.
13. Kos, M., & Jerman, J. (2015). Observing natural objects: characteristics of flowering plants perceived as important by 5- and 10-year-old children. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 109-120.
14. Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
15. 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.
16. Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58.
17. Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
18. Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
19. Panmueang, W., Chomchid, P., & Soamtoa, T. (2017). Learning activity management according to the stem education in chemistry course on polymer issue for secondary students at the 12th grade level. *European Journal of Education Studies*, 3(6), 415-433.
20. Ravanis, K. (2000). How do we see objects that reflect light? Experiential mental representations of students of 12-13 years old, about vision. In N. Valanidis (Ed.), *Second Panhellenic Conference on Teaching of Science and Application of new Technologies in Education* (v. I, pp. 214-221) Nicosia: Department of Education, University of Cyprus.
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.
22. 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.
23. Ravanis, K., & Bagakis, G. (1998). Science education in kindergarten: sociocognitive perspective. *International Journal of Early Years Education*, 6(3), 315-327.
24. Ravanis, K. Charalampopoulou, C. Boilevin, J.-M. & Bagakis, G. (2005). La construction de la formation des ombres chez la pensée des enfants de 5-6 ans: procédures didactiques sociocognitives. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 36, 87-98.

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), 1-6.
26. 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.
27. Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : la recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
28. 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.
29. Tomažič, I., Pihler, N., & Strgar, J. (2017). Pre-service biology teachers' reported fear and disgust of animals and their willingness to incorporate live animals into their teaching through study years. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 337-349.
30. Valanides, N. Gritsi, F. Kampeza, M., & Ravanis, K. (2000). Changing pre-school children's conceptions of the day/night cycle. *International Journal of Early Years Education*, 8(1), 27-39.
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, 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/).