



## CONCEPTS THERMIQUES DE BASE CHEZ LES ÉLÈVES DE 17 ANS<sup>i</sup>

**Dimitri Nertivich<sup>ii</sup>**

M. Sc., Russian Federation

### Résumé:

La question de la construction des représentations des enfants, occupe une place importante dans le cadre de la recherche en Didactique des Sciences. Dans l'article présenté ici, nous étudions des représentations mentales de 89 élèves de 17 ans sur les concepts thermiques de base. Les données de la recherche ont été recueillies à travers un entretien semi-directif. Les résultats de la recherche montrent que les représentations provoquent des difficultés dans la compréhension des phénomènes et des concepts comme la chaleur, la température et l'équilibre thermique.

**Mots-clés :** représentations mentales, concepts thermiques, enseignement secondaire

### Abstract:

The issue of the construction of representations of children is prominent in the research in Science Education. In this article, we study the mental representations of 89 students 17-year-old on the thermal basic concepts. The research data was collected through a semi-directed interview. The research results show that representations will cause difficulties in understanding phenomena and concepts like heat, temperature and thermal equilibrium.

**Keywords:** mental representations, thermal concepts, secondary education

### 1. Introduction

L'enfant dans son milieu social et naturel, interprète les phénomènes du monde physique à travers de constructions mentales appelées dans la bibliographie « représentations », « idées intuitives », « préconceptions » etc. Ces entités présentent un caractère spontané et erroné par rapport aux concepts scientifiques mais en même temps une dynamique développementale et évolutive (Weil-Barais, 1985; Kampeza & Ravanis, 2009; Nertivich, 2013, 2016; Rodriguez & Castro, 2016). « La question de la

---

<sup>i</sup> BASIC THERMAL CONCEPTS IN 17-YEAR-OLD STUDENTS

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

construction des représentations des enfants, occupe une place importante dans le cadre de la recherche en Didactique des Sciences Physiques et Naturelles. Bien entendu cette importance est reconnue par un grand nombre des recherches consacrés à l'étude des représentations mentales des élèves par rapport à certains concepts des sciences » (Grigorovitch & Nertivich, 2017, p. 150).

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 ». Est évident que nos corps sont sources de chaleur, que le plastique et le métal ont des conductibilités thermiques différentes et que les sensations éprouvées ne sauraient nous renseigner sur la température du plastique ou du métal. 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 ?

C'est à ces questions que la didactique contemporaine essaie de répondre en s'appuyant sur les résultats de recherche par rapport aux difficultés que posent à l'appropriation des savoirs les représentations mentales des enfants (Weil-Barais, 2001; Resta-Schweitzer & Weil-Barais, 2007; Dedes & Ravanis, 2009). Par contre les systèmes éducatifs et les programmes relatifs d'enseignement des sciences expérimentales très souvent ignorent ces résultats. Certainement il ne s'agit pas pour un manque de conscience à propos de cette liaison nécessaire entre enseignement efficace et origines des difficultés. C'est-à-dire entre le cadre éducatif et les bases psychologiques de la pensée de l'enfant. En réalité il s'agit pour une approche selon laquelle la base de la préparation des programmes scolaires est plus de sciences expérimentales que la pensée de l'enfant. Il est aussi important de noter que les programmes de formation des enseignants répondent rarement à la nécessité de soutenir une compréhension plus approfondie du sujet, mais plutôt des axes éducatifs, de la méthodologie didactique et de la pratique de la mise en forme. Mais la recherche en didactique offre des possibilités d'amélioration du travail dans la classe en proposant les obstacles des élèves à surmonter (Voutsina & Ravanis, 2013), en enrichissant la production du matériel pédagogique comme les livres scolaires ou les logiciels (Leite, 1999) et offrant à la formation des enseignants une base solide de référence (Zebun, 2017).

La recherche qualitative et quantitative antérieure sur les notions de chaleur, d'équilibre thermique et de température montre qu'il y a certaines difficultés persistantes dans les argumentations et les explications des élèves. Parmi eux les obstacles les plus durs sont : il n'y a pas de distinction entre la chaleur et la température, la température est une propriété intrinsèque de la matière et/ou la température est une mesure de la chaleur, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont ambiguës, l'équilibre thermique n'est pas reconnu (Albert, 1978; Laval, 1985; Tiberghien, 1985; Zimmermann-Asta, 1990; Harrison, Grayson, & Treagust, 1999; Tytler, 2000; Bayram, Ayas, Niaz, Ünal & Çalik, 2007; Gönen & Kocakaya, 2010; Pathare & Pradhan, 2010; Ravanis, 2013, 2014; Rodriguez & Castro, 2014).

Dans cet article on présente certains résultats cruciaux basés sur une recherche sur les représentations des élèves de 17 ans pour une série des concepts thermiques : chaleur, température et équilibre thermique.

## 2. Méthodologie

### 2.1. L'échantillon et la procédure

À cette recherche ont participé 89 sujet-élèves de 17 ans de 5 différentes classes de l'école secondaire à Moscou. Les sujets de cet échantillon, ont reçu auparavant d'interventions didactiques structurées pendant leur cursus scolaire sur les phénomènes thermiques et leurs performances scolaires étaient moyennes. L'approche des représentations des élèves a été réalisée au moyen d'entretiens individuels semi-directifs. Chaque entretien a duré presque 25 minutes. Toute la procédure a eu lieu dans les laboratoires des écoles.

### 2.2. Entretien : Les questions

Les questions A et B cherchent à établir comment les élèves approchent le caractère extensif de la notion de chaleur et le caractère intensif de la notion de température et s'ils pensent intuitivement, dans le cas des mélanges, les températures des volumes en présence.

#### *Question A*

On dispose de quantités d'eau à températures diverses. On mélange :

A1. Deux litres à 30 C et deux litres à 30 C.

A2. Un litre à 30 C et un litre à 10 C.

A3. Cinq litres à 30 C et un litre à 30.

A4. Cinq litres 80 C et un litre à 20 C.

Quelle sera la température des mélanges dans les cas A1 - A4?

#### *Question B*

On dispose d'eau bouillante, chaude, tiède, froide et glacée. On mélange :

B1. Deux volumes égaux d'eau chaude.

B2. Deux volumes égaux d'eau l'une bouillante et l'autre glacée.

- B3. Deux volumes égaux d'eau tiède.
  - B4. Deux volumes égaux d'eau bouillante et tiède.
  - B5. Deux volumes égaux d'eau tiède et glacée.
  - B6. Deux volumes égaux d'eau chaude et froide.
  - B7. Deux volumes égaux d'eau froide.
  - B8. Un grand volume d'eau froide et un petit volume d'eau bouillante.
  - B9. Un grand volume d'eau bouillante et un petit volume d'eau froide.
  - B10. Un grand volume d'eau chaude et un petit volume d'eau chaude.
  - B11. Un grand volume d'eau chaude et un petit volume d'eau glacée.
  - B12. Un grand volume d'eau glacée et un petit volume d'eau chaude.
- Quelle sera l'eau que nous aurons après le mélange ?

Les questions C et D touchent le problème de la compréhension de l'équilibre thermique.

### *Question C*

- C1. Un soir en hiver on place deux thermomètres, un à l'intérieur d'un pull en laine et l'autre dans la couche de neige qui la recouvre. Quelles seront le lendemain les indications fournies par les thermomètres et pourquoi ?
- C2. Une voiture est garée dans un endroit ombragé depuis un jour. Les fenêtres, la carrosserie et les pneus de la voiture ont-ils la même température et pourquoi ?
- C3. Vous touchez deux parois d'une même pièce qui sont de matières différentes. La première vous paraît froide, l'autre vous paraît chaude. La matière de quelle paroi vous allez utiliser pour vous protéger du froid ou du chaud ?

### *Question D*

- D1. Une nuit très froide on suspend sur notre terrasse une veste en laine et une veste en coton pour les aérer. On place un thermomètre dans la poche intérieure de chaque veste. Quelles seront les valeurs des deux thermomètres après quelques heures? Pourquoi ?
- D2. On répète la même action une nuit chaude d'été. Quelles seront les valeurs des deux thermomètres après quelques heures? Pourquoi ?

## **3. Résultats et conclusions**

L'analyse des réponses des étudiants montre que leurs représentations à propos des concepts « chaleur », « température » et « équilibre thermique » reposent surtout sur des expériences familières. En fait on peut constater une pensée de type empirique et intuitive bien inspirée et adaptée aux phénomènes de la vie quotidienne, mais présentant cependant, du point de vue de la physique, des insuffisances, des confusions et des limites manifestes. On présente ensuite un spectre des résultats principaux qui conduisent à l'émergence des obstacles des élèves.

Une première constatation est la confusion des notions de chaleur et de température, la chaleur étant pour elle la qualité d'être chaud perçue par le sens. Par conséquent, elle ne parvient pas à accepter l'idée d'équilibre thermique. 4 sur 5 des réponses aux questions C1, D1 et D2 prévoient des températures différentes. La prédiction que manifeste un type de pensée intuitive pour les notions accessibles aux sens et sa défiance à l'égard des données médiates semblent se renforcer quand les élèves s'expriment oralement. Par exemple, « être également froid » signifie plutôt « procurer la même sensation » qu' « avoir la même température ».

En plus on souligne une grande difficulté aux prévisions quantitatives. Pour la température d'équilibre d'un mélange de deux volumes d'eau 1 sur 4 seulement des réponses à la question A donnent une valeur chiffrée exacte. Par contre 9 sur 10 des réponses fournissent une prévision qualitative correcte à la question B. Ainsi on constate, par exemple, que 6 sur 10 des élèves se réfèrent à la sensation dans leurs réponses à la question C2.

L'analyse détaillée de leurs réponses permet en outre d'inférer quelques caractéristiques de leur construction logique par rapport aux phénomènes thermiques.

Une première représentation intéressante attribue à la chaleur la nature d'une « substance ». Le froid et le chaud acquièrent alors une existence autonome. Par exemple, « la veste en laine est matelassée, retient le chaud et empêche le froid de passer » (Sujet 33), « la neige est plus compacte et laissera moins vite passer le froid » (S. 89).

Une autre représentation est liée au comportement des substances. Elles peuvent produire de la chaleur, être intrinsèquement chaudes ou froides, ou accumuler du froid ou de la chaleur : « Le laine accumule la chaleur.... il fera plus chaud dans la veste en laine » (S. 27), « La veste en coton est toujours froide..... le coton est un tissu toujours frais.... » (S. 67), « ...le bois produit de la chaleur.... » (S. 12), « Dans un jour froid à une place ombragée, le tout a pu refroidir..... cependant je crois que le métal de la carrosserie sera plus froid que les pneus de la voiture » (S. 24), « Le métal est une matière qui a tendance à accumuler plus facilement le froid que le caoutchouc des pneus » (S. 90).

Un autre champ aussi intéressant au niveau didactique est la représentation des isolants. Selon la majorité des élèves (presque 75%) il existe quatre types d'isolants : le premier constitué de matières intrinsèquement chaudes, le deuxième fait de substances capables d'accumuler de la chaleur, le troisième des matières intrinsèquement froides et le quatrième type les substances capables d'accumuler la froideur. Par exemple, « pour me protéger du chaud je vais utiliser la paroi froide car elle empêche la chaleur » (S. 88), « pour le froid on utilise du bois..... par exemple les maisons en bois aux montagnes neigées.... étant donné que le bois retient la chaleur » (S. 27), « la paroi chaud peut rejeter du froid..... elle peut garder la chaleur » (S. 32), « pour le chaud on utilise souvent de la pierre..... car la pierre est toujours froide » (S. 55). Les élèves donc tiennent ce raisonnement intuitif suivant : les substances perçues froides au toucher peuvent nous protéger du chaud et les matières perçues chaudes au toucher peuvent protéger du froide.

L'analyse de l'ensemble des réponses aux quatre questions (À, B, C, D) permet l'identification d'une série des difficultés à une conceptualisation compatible aux modèles scientifiques.

- Une difficulté importante est liée à la centration aux qualités sensibles. Plus particulièrement on peut constater une liaison de la chaleur au volume, au poids, à la densité de la matière, et aussi l'adoption d'une attitude incrédule à l'égard de concepts plus abstraits ou d'une compétition avec les conceptions plus abstraites qui dispense l'enseignement. Ces conceptions abstraites sont sans aucun doute plus efficaces et pertinentes pour expliquer les phénomènes physiques, mais elles sont souvent moins appropriées pour rendre compte des phénomènes de la vie quotidienne auxquels les élèves se réfèrent.
- Une autre difficulté à une conceptualisation sans obstacles est l'usage d'analogies ou d'un langage ambigu. Par exemple, dans le cas des mélanges, les liquides froids « neutralisent » les liquides chauds ou les substances froides protégeront du chaud et souvent le contraire.
- Une troisième sorte de difficulté est la substitution des mesures, par exemple de la température avec un thermomètre, d'une confiance aux sensations pour la comparaison des températures.
- Finalement une dernière difficulté est liée à des explications intuitives et locales afin de surmonter des contradictions au niveau cognitif. Par exemple, l'attachement à une intuition substantielle qui confère une existence matérielle à la chaleur ou au « froid » ou l'attribution d'une propriété ad hoc à la matière : « la carrosserie est un métal qui peut attirer la chaleur quand il fait chaud et conserver le froid quand il fait froid ».

Dans la bibliographie classique de la didactique des sciences on rencontre des résistances à la conceptualisation relevant des obstacles semblables et de la même nature dans d'autres domaines (Boumghar, Kendil, Ghedjghoudj & Lounis, 2012; Mazouze & Lounis, 2015; Nasser, El Khouzai & Taoufik, 2017). Par exemple, en optique géométrique les élèves d'âges divers ne pensent pas que la lumière est une entité autonome dans l'espace étant donné que les données perceptives conduisent à la source lumineuse et les surfaces éclairées (Ravanis, 2008, 2012; Castro, 2013; Castro & Rodriguez, 2014; Ntalakoura & Ravanis, 2014). Une pensée se fondant préférentiellement sur les données immédiates et reléguant les notions abstraits, constitue un sérieux obstacle aux conceptualisations et aux modélisations nécessaires à la pensée orientées à l'appropriation des savoirs en sciences physiques et naturelles (Piaget, 1930, 1971; Bachelard, 1980; Halbwachs, 1974, 1975). Ces idées offrent des bases solides nos seulement à la

## Références

1. Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.

2. Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
3. 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.
4. 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.
5. Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
6. 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.
7. 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.
8. Grigorovitch, A., & Nertivich, D. (2017). Représentations mentales des élèves de 10-12 ans sur la formation des ombres. *European Journal of Education Studies*, 3(5), 150-160.
9. 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.
10. Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé.
11. Halbwachs, F. (1975). La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
12. 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.
13. 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.
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. Mazouze, B., & Lounis, A. (2015). Résolution de problèmes et apprentissage des ondes : quels types de difficultés rencontrent les élèves ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 25-40.
17. Nasser, N., El Khouzai, M., & Taoufik, M. (2017). Difficultés d'apprentissage des sciences physiques chez les élèves du secondaire qualifiant au Maroc. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 5(2), 119-125.
18. Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58.
19. Nertivich, D. (2016). Représentations des élèves de 11-12 ans pour la formation des ombres et changement conceptuel. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 3(2), 103-107.

20. Ntalakoura, V., & Ravanis, K. (2014). Changing preschool children's representations of light: a scratch based teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 191-200.
21. Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
22. Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. Totowa, NJ: Littlefield.
23. Piaget, J. (1971). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris: PUF.
24. Ravanis, K. (2008). Le concept de lumière: une recherche empirique sur les représentations des élèves de 8 ans. *Analele Științifice Universității Cuza: Științele Educației*, XII, 147-156.
25. Ravanis, K. (2012). Représentations des enfants de 10 ans sur le concept de lumière : perspectives piagétienne. *Schème - Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas*, 4(1), 70-84.
26. 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.
27. 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.
28. Resta-Schweitzer, M., & Weil-Barais, A. (2007). Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 1(1), 63-82.
29. 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.
30. 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.
31. Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature: the development of ideas with teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 66-84). Milton Keynes, UK: Open University Press.
32. 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.
33. Voutsina L., & Ravanis, K. (2013). Magnetism and Gravity: mental representations of students 15-17 years old from a historical and teaching perspective. *Journal of Social Science Research*, 1(3), 49-57.
34. Weil-Barais, A. (1985). L'étude des connaissances des élèves comme préalable à l'action didactique. *Bulletin de Psychologie*, 368, 157-160.
35. Weil-Barais, A. (2001). Constructivist approaches and the teaching of science. *Prospects*, 31(2), 187-196.

36. Zebun, A. (2017). Formation des enseignants et recherche en didactique des sciences. *European Journal of Education Studies*, 3(9), 206-216.
37. 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/).