

# Les idées des élèves du secondaire sur les concepts thermiques

FARREL ZULKIPLI, AMSYAR SURAT

Southern Pacific University  
Malaysia  
amsysura@gmail.com

## ABSTRACT

*This article presents the basic planning and results of a research project designed to explore the possibilities of transforming high school students' ideas about certain thermal concepts and phenomena. Asking the question "What is happening in this experiment and how can it be explained?", we proposed experimental situations in which students were confronted with research data juxtaposed with their knowledge from school courses and everyday reality. This qualitative research involved 30 15-year-old students. Analysis of the research data shows that students' ideas create obstacles to understanding phenomena, but that in some cases these can be overcome.*

## KEYWORDS

*Ideas, experimental teaching, thermal concepts, secondary education*

## RÉSUMÉ

*Cet article présente la planification de base et les résultats d'une recherche visant à étudier les possibilités de transformer les idées des élèves du secondaire sur certains concepts et phénomènes thermiques. En posant la question « Que se passe-t-il dans cette expérience et comment l'expliquer ? », nous avons proposé des situations expérimentales dans lesquelles les élèves étaient confrontés à des données de recherche juxtaposées à leurs connaissances issues des cours scolaires et de la réalité quotidienne. À cette recherche qualitative ont participé 30 élèves de 15 ans. L'analyse des données de la recherche montre que les idées des élèves créent des obstacles à la compréhension des phénomènes, mais que dans certains cas ils peuvent être surmontés.*

## MOTS-CLÉS

*Idees, enseignement expérimentale, concepts thermiques, enseignement secondaire*

## INTRODUCTION

La question de savoir comment aborder la réflexion des élèves, de la maternelle à l'université, sur les phénomènes naturels et le monde des sciences physiques et biologiques a été étudiée au cours des dernières décennies avec une intensité et une densité variables dans d'autres contextes culturels, sociaux et éducatifs. Les caractéristiques générales de ce courant de recherche ont conduit la communauté scientifique internationale à un accord général sur les façons dont les enfants abordent ce type de connaissances et affectent de manière significative l'enseignement et la formation des enseignants (Mabejane, 2015, 2016). En effet, la littérature spécialisée montre souvent que les élèves, dans leur environnement physique et social, construisent dans leur esprit des entités spécifiques présentant des caractéristiques

particulières en les comparant à des modèles des sciences physiques et biologiques. Ces constructions mentales présentent généralement des caractéristiques stables et se distinguent nettement des modèles scientifiques. Dans la littérature, on trouve une terminologie très différente : "représentations mentales", "conceptions alternatives", "idées intuitives", "perceptions", "préconceptions", etc. Dans cet article, nous avons choisi le terme "idées", plus simple et plus inclusif. Ces idées ont fait l'objet d'une longue série d'études auprès d'étudiants de tous âges dans toutes les matières d'enseignement de la physique : en Mécanique (Boumghar et al., 2021; Kanderakis & Danili, 2014; Ouasri, 2017), en Électromagnétisme (Kaliampou et al., 2021; Nertivich, 2013; Rassaa, 2011), en Optique (Castro, 2013; Grigorovitch, 2015; Kokologiannaki & Ravanis, 2012), etc. Ces idées à travers lesquelles les élèves abordent le monde de la connaissance scientifique sont contraires et/ou en déséquilibre avec les modèles scientifiques à enseigner. C'est pourquoi la recherche sur l'enseignement de la physique est orientée vers la création et la mise en œuvre de situations d'enseignement qui aideront à surmonter les obstacles et à développer la pensée scientifique. (Fратиwi et al., 2020; Rodriguez & Castro, 2016; Tin, 2016).

L'approche des concepts et des phénomènes thermiques se fait tout d'abord dans la vie quotidienne. Bien entendu, le langage que nous utilisons pour décrire les phénomènes est très éloigné de la manière dont nous les définissons en physique. En effet, le langage courant utilise indifféremment des expressions telles que "être chaud", "avoir de la chaleur" ou "n'avoir aucune chaleur", "avoir une température basse ou élevée". Ces expressions expriment généralement des perceptions, souvent fausses, résultant du contact du corps humain avec divers objets. Par exemple, nous qualifions de chaude l'eau dans laquelle nous plongeons une main préalablement immergée dans de l'eau froide et de froide la même eau si nous avons préalablement plongé notre main dans de l'eau chaude. La question de la conductivité thermique complique encore les choses, car lorsque nous touchons un objet en plastique et un objet en métal, nous avons l'impression que le plastique est plus chaud que le métal, même si les deux objets ont la même température. Une réaction intuitive serait de dire que l'objet en métal est plus froid que l'objet en plastique, ce qui est un reflet exact de la réalité sensorielle. Mais "c'est froid" n'est pas la même chose que "c'est à basse température". Ces expériences familières impliquent le phénomène d'échange de chaleur et nécessitent des concepts de chaleur et de température soigneusement séparés. Par conséquent, la conceptualisation de ces concepts se heurte à de nombreuses difficultés : les obstacles créés par l'imprécision du langage, la pensée intuitive et prélogique, et les expériences familières (Nertivich, 2018; Ravanis et al., 2022).

Une série d'études sur les représentations qu'ont les élèves des concepts et phénomènes thermiques (chaleur, température, équilibre thermique, etc.) ont mis en évidence les difficultés des enfants de différents âges, de la maternelle à l'enseignement supérieur. L'existence d'objets chauds et froids par nature, la reconnaissance de la température comme propriété intrinsèque de la matière, la confusion entre chaleur et température, l'idée de mesurer la chaleur par la température, la croyance qu'à 0° C tout gèle et à 100° C tout bout, la condensation, l'évaporation, la liquéfaction, la fusion sont des changements associés uniquement à l'eau, les relations thermiques entre l'objet et son environnement sont ambiguës, la solidification et la fusion sont des changements qui ne sont reconnus que dans l'eau, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont ambiguës, l'incapacité à reconnaître l'équilibre thermique (Albert, 1978; Bayram et al., 2007; Fragkiadaki et al., 2021; Gebrou, 2022; Gönen & Kocakaya, 2010; Laval, 1985; Leite, 1999; Maskur et al., 2019; Nertivich, 2018; Pathare & Pradhan, 2010; Ravanis, 2013, 2014; Rodriguez & Castro, 2014; Zimmermann-Asta, 1990).

Dans cet article, une série de tâches permet d'aborder les représentations spontanées des élèves, c'est-à-dire les types de lecture "croyances quotidiennes" et "idées fausses". Les

discussions basées sur ces tâches conduisent à l'identification de certains obstacles conceptuels et, par ailleurs, à la tentative d'interprétation d'un certain nombre de phénomènes thermiques. La question de recherche de cet article est de savoir si les discussions basées sur ces tâches peuvent conduire à l'identification de certains obstacles conceptuels et, par ailleurs, à la tentative d'interprétation d'un certain nombre de phénomènes thermiques.

## **CADRE MÉTHODOLOGIQUE**

### ***L'échantillon***

L'échantillon se composait d'élèves de 15 ans (moyenne d'âge : 14 ans et 10 mois) de trois classes d'une école secondaire urbaine. Les élèves des trois classes se sont vu expliquer l'objet de l'expérience et 31 d'entre eux (17 filles et 14 garçons) se sont portés volontaires pour y participer. Ces élèves ont été progressivement initiés aux concepts et phénomènes thermiques de base dans l'enseignement primaire et secondaire, sur la base du programme d'études en usage.

### ***La procédure***

La recherche était qualitative et a suivi la conception méthodologique et le protocole de Tin (2018) après autorisation de ce chercheur. Afin de découvrir les représentations des enfants et d'essayer de comprendre certaines difficultés conceptuelles et les possibilités d'enseignement pour surmonter les obstacles, nous avons composé une série de questions liées à des situations familières. L'expérimentation a utilisé un vocabulaire courant et a évité l'utilisation de termes spécialisés tels que "chaleur" et "température", afin de ne pas encourager les mémoires simples d'interventions scolaires antérieures. En outre, nous avons organisé les discussions à un niveau qualitatif afin d'éviter que les difficultés formelles ou calculatoires ne prennent le pas sur les difficultés de conceptualisation. Le travail a été réalisé par 5 groupes de 5 à 7 d'élèves et l'ensemble du processus s'est déroulé dans les laboratoires des écoles.

Dans la première phase du processus, l'objectif est de recueillir les idées des élèves. Deux expériences liées au phénomène de l'ébullition de l'eau leur sont proposées : cuire des pâtes et chauffer une quantité d'eau dans laquelle une grande quantité de sel a été dissoute. Ils discutent des expériences et expliquent les événements qu'ils ont observés, en se souvenant d'une situation antérieure ou de ce qu'ils observeront lorsqu'ils les réaliseront.

Dans la deuxième phase, les élèves reçoivent des instructions et des questions. "Dans la vie de tous les jours, nous observons des phénomènes liés à la chaleur et à la température. En faisant cuire des pâtes ou en chauffant une casserole contenant de l'eau et du sel, les concepts de chaleur, de température ou d'autres concepts thermiques entrent en jeu. Faites un bref compte rendu de vos expériences, présentez les faits que vous avez observés dans votre vie quotidienne, suggérez des concepts physiques pertinents en rapport avec le sujet et expliquez votre raisonnement et vos observations". Après avoir répondu à ces questions, les élèves passent à la préparation du matériel, à la planification et à la réalisation des expériences, dont l'objectif est de formuler des questions et des réponses, de séparer les variables et de formuler des concepts. La question suivante est posée aux élèves. Compte tenu des faits que vous avez observés au cours des expériences, que pensez-vous de la chaleur, de la température ou d'autres concepts thermiques ?".

L'objectif de cette conception est d'identifier et de contraster les explications avancées afin de mettre en évidence les difficultés qui empêchent la conceptualisation des entités discutées dans notre recherche. Mais aussi d'appliquer certaines stratégies qui peuvent aider à surmonter les obstacles cognitifs et conduire à une interprétation conceptuelle des phénomènes thermiques pertinents. Les étudiants rendent compte verbalement de leurs

expériences, en rapportant les événements observés et les résultats trouvés. Les discussions ne commencent qu'après avoir écouté et pris des notes sur les rapports présentés. Avant de procéder au traitement et à l'analyse des données, il convient de noter que toutes ces sessions ont été enregistrées. Toutes les données collectées au cours des phases précédentes ont été transcrites.

Pour chaque expérience discutée par les élèves, nous avons posé à chaque fois les questions suivantes :

- Quelle orientation prennent-ils en compte lors des différentes phases de l'expérience ?
- Quels types de stratégies expérimentales les élèves ont-ils utilisés pour caractériser toutes les étapes de l'organisation de l'expérience ?
- Quelles comparaisons entre les prédictions et les observations faites au cours des expériences ont permis de faire évoluer les représentations des élèves vers des explications hypothétiques ?

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

En demandant aux élèves de réaliser, de commenter et d'effectuer des expériences de leur vie quotidienne en classe, où les concepts de chaleur et de température sont présents, ils peuvent s'exprimer sans difficulté. Cependant, en raison de leurs idées, leurs interprétations des phénomènes avant et après les expériences sont souvent différentes, contradictoires et parfois conflictuelles. Leurs réponses et explications peuvent être divisées en trois types d'interprétation différents :

- 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.

Le raisonnement et les arguments des étudiants au niveau qualitatif avant et après les expériences ont le même caractère, étant donné leurs idées : compatibles ou non avec les modèles scientifiques explicatifs (Sotirova, 2017; Tin, 2019). Dans ce qui suit, nous présentons quelques réflexions tirées de l'analyse globale des données qualitatives, puis nous donnons quelques exemples choisis des échanges très riches entre les expérimentateurs et les étudiants.

La question de la propagation de la chaleur par convection a été fortement soulevée. Au cours des expériences, il est apparu clairement que la chaleur se propage de manière unidirectionnelle, de bas en haut, et partout, c'est-à-dire verticalement. Ce qui semble intéressant, c'est la distinction faite entre l'eau salée et l'eau non salée ou, plus généralement, l'eau mélangée et l'eau non mélangée. En fait, cette observation du niveau perceptif conduit à la prédominance de données physiques intermédiaires. Ce sont ces données qui remettent en cause la généralisabilité du phénomène de la température d'ébullition de l'eau dans tout mélange formé d'eau bouillante et d'une autre substance, connue ou inconnue. En ce qui concerne le résidu de sel observé après l'évaporation de l'eau, malgré sa dissolution dans l'eau bouillante, le sel reviendra à son état initial. Ici, plusieurs élèves semblent faire une distinction claire entre l'effet de la chaleur sur l'eau et sur le sel.

Dans la discussion sur la température d'ébullition de l'eau, ces élèves savent généralement que l'eau bout à 100°C et ils savent également que la chaleur apportée à un corps augmente sa température. Dans ce contexte, on constate que la grande majorité des

élèves comprennent que la chaleur apportée fait bouillir l'eau. Cependant, comme la température atteinte par l'eau bouillante ne change pas, cette idée peut être transposée à tout mélange composé d'eau bouillante et d'une autre substance. L'étude et l'analyse des points de vue exprimés par les enfants au cours des expériences ont révélé que les concepts de chaleur et de température sont utilisés de manière intuitive, c'est-à-dire à distance et/ou en opposition au modèle scientifique. De plus, comme il n'y a pas d'échange de chaleur visible entre la quantité d'eau bouillie et l'environnement, l'idée de conserver la quantité de chaleur n'est pas inhabituelle. Les élèves sont familiarisés avec les processus quotidiens de refroidissement et de chauffage et le principe de l'équilibre thermique ne leur est pas familier.

Les situations expérimentales proposées aux élèves et réalisées semblent fournir un environnement approprié pour l'examen et le développement de leurs idées. Lors de la discussion sur les expériences réalisées, les élèves ont eu l'occasion de confirmer ou d'infirmer leurs prédictions. Par exemple, ils ont souvent discuté les certitudes des autres élèves concernant la non-identification de la température d'ébullition de l'eau avec celle du mélange ou les questions liées à l'équilibre thermique. Mais pour conclure à une généralisation à d'autres substances que l'eau et le sel, il faut s'appuyer sur des exemples utilisant d'autres substances.

Dans ce qui suit, nous donnerons quelques exemples des questions abordées afin d'illustrer des moments typiques du processus et de mettre en évidence le rôle des idées initiales des élèves.

Dans le premier groupe, les élèves discutent de la cuisson des pâtes. Il ressort de leurs échanges qu'il faut d'abord faire bouillir l'eau, puis mettre les pâtes dans la casserole. Après ces échanges, ils décident de faire cuire les pâtes. Avant d'effectuer toutes ces actions, l'un des élèves a dit : Élève 3 : "Je vois aux bulles que ça commence à bouillir..... donc c'est à 100 degrés. Lorsque nous mettrons les pâtes dedans, elles continueront à bouillir parce que nous continuons à les chauffer..... mais je pense que la température augmentera pour que les pâtes soient bonnes". Après avoir décrit leur expérience, ils l'ont réalisée sans utiliser de thermomètre.

Les élèves du deuxième groupe travaillent également sur le mélange eau-sel. Un élève (élève 7) suggère de mettre du sel dans l'eau dès qu'elle commence à bouillir et de la laisser sur le camping-gaz "jusqu'à ce que toute l'eau s'évapore..... et nous allons donc continuer à mesurer la température pour voir ce qui se passe". Puis un autre élève (11) explique que "la température de l'eau salée lorsqu'elle bout n'est pas égale à 100 degrés..... eau salée est différente de l'eau salée". Un autre élève a soulevé la même question d'une manière différente : "Lorsque nous mesurons la température d'ébullition de l'eau en laboratoire, il est difficile..... on ne trouve pas 100° C..... Parce que l'eau du robinet contient des substances solubles, appelées sels, l'eau n'est pas pure...".

Les élèves du troisième groupe ont concentré leur attention sur la formation de bulles, qui partent du fond et atteignent la surface de l'eau. Ils ont considéré qu'il s'agissait d'un signe d'ébullition et ont commencé à échanger des idées sur la température d'ébullition. Élève 11 : "La température de l'eau bouillante pure est constante à 100 degrés, mais la température du mélange eau-sel n'est pas la même.... Je ne sais pas de combien elle sera..... plus élevée ou plus basse." Élève 14 : " Je ne sais pas pourquoi tu dis ça. L'eau bouillante atteint une température de 100 degrés. Je pense que lorsqu'on ajoute du sel ou autre chose, la température de 100 degrés ne change pas..... et le mélange continue à bouillir.....".

Lors du chauffage de l'eau, dans le quatrième groupe, les enfants associent la chaleur au mouvement des bulles. Élève 23 : "Les bulles montent du fond à la surface de l'eau en même temps que la chaleur". Un autre élève (20) poursuit avec un raisonnement similaire : "Oui la chaleur monte..... comme dans les maisons elle monte avec le vent vers le haut".

Enfin, dans le cinquième groupe, lors d'une discussion hypothétique sur ce qui se passerait si on laissait chauffer l'eau dans laquelle on a versé du sel pendant plusieurs heures, des réponses contradictoires sont apparues et sont devenues des sources de conflit dans la réflexion des enfants. Un élève (27) explique : "L'eau va ..... s'évaporer... lentement et le sel va rester. Il y aura du sel au fur et à mesure que nous le mettrons dans l'eau..... Le sel ne change pas du tout". Mais une autre élève (30) avait des doutes : "..... Je ne suis pas sûre..... que le sel disparaisse..... Il est devenu une substance avec l'eau..... Je ne sais pas.....".

D'un point de vue conceptuel, dans l'ensemble des données analysées, il est clair qu'il existe des contrastes entre les concepts les plus abstraits, compatibles avec les connaissances scientifiques, et les idées des élèves. En effet, les connaissances qu'il faut cultiver à travers l'éducation de la pensée des élèves sont loin des modèles thermiques classiques. Il est également apparu que l'enseignement de ces concepts et phénomènes thermiques serait réussi s'il permettait l'émergence de conflits intellectuels et de situations d'apprentissage déstabilisantes de manière à opposer ces deux types de "lecture" de la réalité. Ces conflits, déstabilisations et ruptures peuvent contribuer à remettre en cause l'évidence offerte par les idées naïves, bien que cela dépende du contexte pédagogique et didactique plus large.

## 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.
- Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Concept de champ électrostatique : Modes de raisonnement des étudiants Tunisiens. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 63-81.
- Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12 year old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
- Fragkiadaki, G., Armeni, A., Zioga, S., & Ravanis, K. (2021). Dramatic play as a means to explore and support preschool children's thinking about thermal insulation. *Journal of Childhood, Education & Society*, 2(3), 220-234.
- Fратиwi, N. J., Samsudin, A., Ramalis, T. R., Saregar, A., Diani, R., Irwandani, I., Rasmitadila, R., & Ravanis, K. (2020). Developing MeMoRI on Newton's Laws: for identifying students' mental models. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 699-708.
- Gebrou, M. H. (2022). Visualization and simulation for effective teaching of basic thermal concepts for grade nine. *Mediterranean Journal of Education*, 1(1), 138-153.
- 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. (2015). Teaching optics perspectives: 10–11-year-old pupils' representations of light. *International Education & Research Journal*, 1(3), 4-6.
- Kaliampou, G., Pantidos, P., Grivopoulos, K., & Ravanis, K. (2021). Teaching electromagnetism: Interviewing three Greek high-school teachers. *Mediterranean Journal of Education*, 1(2), 66-77.

- Kanderakis, N., & Danili, E. (2014). Teaching 'work' as the measure of work. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 8(2), 83-100.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- 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.
- Mabejane, M. R. (2015). Science teacher training within the education system in Lesotho and the realities on the ground. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 70-83.
- Mabejane, M. R. (2016). Physical Sciences student teachers training: theoretical and practical aspects. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 123-134.
- Maskur, R., Latifah, S., Pricilia, A., Walid, A., & Ravanis, K. (2019). The 7E learning cycle approach to understand thermal phenomena. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 464-474.
- 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 marocains de 15-16 ans en résolution de problèmes de mécanique (mouvement et repos, interactions mécaniques et forces, poids et masse). *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 11(2), 69-92.
- Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(5), 629-634.
- Rassaa, K. (2011). Concept de champ électrostatique : Modes de raisonnement des étudiants Tunisiens. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 39-58.
- 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., Kambouri, M., Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2022). Teaching interaction strategies with children 5–6 years in the mental construction of a Precursor Model: the case of water state changes. In J.-M. Boilevin, A. Delsérieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 95-110). Springer.
- 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.
- 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.

Tin, P. S. (2019). Un cadre méthodologique pour la démarche d'investigation : l'exemple du changement d'état de l'eau à l'âge de 8 ans. *European Journal of Education Studies*, 6(4), 1-12.

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.