



HAL
open science

Comment faire évoluer les conceptions des élèves ? Les températures de changement d'état de l'eau au cycle 3

Amélie Capo Di Fero de Montarsolo, Élodie Roux

► To cite this version:

Amélie Capo Di Fero de Montarsolo, Élodie Roux. Comment faire évoluer les conceptions des élèves ? Les températures de changement d'état de l'eau au cycle 3. Education. 2013. dumas-00968167

HAL Id: dumas-00968167

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00968167>

Submitted on 31 Mar 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Année universitaire 2012-2013

Master Métiers de l'enseignement scolaire

Mémoire professionnel de deuxième année

Comment faire évoluer les conceptions des élèves ?

Les températures de changement d'état de l'eau au cycle 3

Présenté par : Amélie CAPO DI FERRO DE MONTARSOLO & Élodie ROUX

Discipline : Sciences physiques

Responsable du mémoire : Jean-Michel ROLANDO

SOMMAIRE

	Page
Introduction	1
I. Quels points de vue des didacticiens sur les conceptions des élèves ?.....	2
1. Qu'est-ce qu'une conception ?	2
2. La démarche d'enseignement à suivre.....	2
3. Des conceptions sur les changements d'état de l'eau.....	3
II. La stabilité des températures de changement d'état de l'eau : déroulement de notre séquence.....	5
III. Qu'ont appris les élèves sur la fusion de la glace ?.....	12
1. Présentation des résultats.....	12
2. Analyse	16
IV. Qu'ont appris les élèves sur l'ébullition de l'eau ?	18
1. Présentation des résultats.....	18
2. Analyse	23
V. Qu'ont retenu les élèves quatre mois après la fin de la séquence ?	24
1. Quels résultats à l'évaluation différée ? Quel bilan ?.....	24
a) Présentation des résultats	25
b) Analyse	25
c) Bilan.....	27
2. Comment ont évolué les conceptions des élèves ? Comparaisons entre hypothèses initiales et évaluation différée.....	27
a) Fusion	28
b) Ébullition	29
Conclusion	31
Bibliographie.....	32
Annexe 1 : Sujet de l'évaluation formative	33
Annexe 2 : Sujet du bilan de la remédiation.....	36
Annexe 3 : Activité structurante	37
Annexe 4 : Sujet de l'évaluation différée	39

Introduction

« La recherche didactique a montré à quel point les représentations, que les élèves se font des savoirs qu'on projette de leur transmettre, résistent aux efforts d'enseignement. Ces représentations non seulement préexistent, mais elles tendent à accompagner l'apprentissage d'une façon diachronique à la scolarité et peuvent perdurer, presque intactes, jusqu'à son terme... et même bien au-delà. » (Astolfi, 1992). Un des enjeux de l'enseignement est de faire tendre ces représentations vers un savoir construit.

La séquence sur laquelle nous avons construit ce mémoire a été menée auprès de 23 élèves de CE2 de l'école primaire de Neydens pendant notre stage de pratique accompagnée qui a eu lieu en novembre et décembre 2012. Cette séquence a pour objet l'étude de la stabilité des paliers de changement d'état de l'eau, notion mentionnée dans les programmes officiels de 2008 pour le cycle 3. Elle comporte huit séances dont deux d'évaluation. La première partie de cette séquence a été axée sur la température de fusion de la glace et la seconde sur celle d'ébullition de l'eau.

Nous avons décidé de nous intéresser tout particulièrement aux conceptions des élèves dans ce domaine ainsi qu'à leurs évolutions. En effet, certains élèves peuvent avoir des conceptions en contradiction avec la réalité mais auxquelles nous pouvons nous attendre. L'enseignement donné par le professeur des écoles doit donc favoriser l'évolution de ces conceptions en vue de l'acquisition stable et durable d'un nouveau savoir. Les expérimentations tiennent une place importante dans cette remise en question. C'est pourquoi, à chacune de nos séances, nous avons veillé à recueillir les conceptions initiales des élèves avant les expériences puis à les confronter. Dans notre cas, nous pouvons nous attendre à ce que les élèves ne comprennent pas que l'eau change d'état à des températures constantes et ce indépendamment de la température de l'environnement et de la puissance de chauffage de l'eau. Nous avons donc axé notre mémoire sur l'analyse des outils mis en œuvre pour faire évoluer ces conceptions.

La première partie de ce mémoire sera consacrée aux points de vue des didacticiens sur la question des conceptions des élèves en sciences. La deuxième partie présentera de manière détaillée le déroulement de notre séquence. Dans les troisième et quatrième parties, les conceptions des élèves seront présentées puis analysées concernant respectivement la fusion de la glace et l'ébullition de l'eau. Dans une dernière partie, nous nous intéresserons aux résultats des élèves suite à l'évaluation différée quatre mois après la fin de notre séquence et nous ferons le bilan de l'évolution de leurs conceptions.

I. Quels points de vue des didacticiens sur les conceptions des élèves ?

1. Qu'est-ce qu'une conception ?

Plusieurs didacticiens ont cherché à définir la notion de conception. Voici quelques définitions que nous pouvons retenir : « *Une conception est non pas le produit mais d'abord le processus d'une activité de construction mentale du réel.* » (Giordan, 1990) ; « *La conception est un objet local, étroitement associé au savoir en jeu et aux différents problèmes dans la résolution desquels il intervient.* » (Artigue, 1990) ; « *Tout apprentissage vient en effet interférer avec un « déjà-là », conceptuel, qui, même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de système d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant.* » (Astolfi, 1989). Nous pouvons constater que la pensée de ces trois didacticiens converge vers la même idée : une conception est un raisonnement logique interne permettant d'expliquer un problème. Un autre didacticien, De Vecchi (2000), les rejoint et ajoute que nous possédons tous des conceptions, même sur des sujets sur lesquels nous n'avons jamais reçu d'enseignement. Celles-ci sont souvent inadaptées et erronées mais sont dans tous les cas présentes. Il précise aussi qu'une conception est simple et cohérente mais aussi propre à chacun puisqu'en relation avec le niveau des connaissances et le contexte psychoaffectif, sociologique et culturel. Elle se construit et évolue au fil du temps. Ainsi, elle fait partie intégrante de nous-mêmes ce qui la rend d'autant plus tenace et difficile à remettre en cause. Et tout l'enjeu de l'enseignement des sciences est là : les conceptions tiennent une place importante dans le processus d'apprentissage, leur remise en cause étant une condition indispensable à l'acquisition d'un nouveau savoir.

2. La démarche d'enseignement à suivre

Les résultats des recherches en didactique ont montré que si l'enseignant ne se préoccupe pas des conceptions des élèves, elles perdurent alors largement. Il est donc incontournable de prendre en considération ce que pensent les élèves pour leur permettre l'acquisition de nouvelles connaissances. De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996) nomment cette démarche « *Faire avec pour aller contre* » : les conceptions des élèves constituent le point de départ du nouveau savoir à construire. Dans un premier temps,

l'enseignant fait émerger les conceptions des élèves suite à une confrontation à un problème posé. Celui-ci doit être signifiant et favoriser l'explicitation des conceptions des élèves. Dans un deuxième temps, il fait prendre conscience aux élèves de l'existence de leurs propres conceptions mais aussi de celles de leurs camarades. Cela peut s'accompagner d'une confrontation entre élèves. Ainsi, la remise en cause des conceptions est favorisée. Dans un temps ultérieur, l'enseignant met les élèves face à une situation pour laquelle leurs conceptions n'apportent aucune explication. Ils se retrouvent alors dans une impasse : leurs conceptions ne permettent pas d'expliquer la réalité mais le modèle qui, lui, le permet leur est encore inconnu. De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996) parlent de « *déconstruction* » des conceptions des élèves. Il est d'ailleurs important de prévoir une durée d'exposition au problème suffisante pour que la mise à l'épreuve de leur raisonnement soit significative. Dans un dernier temps, il s'agit donc pour l'enseignant de permettre aux élèves de construire ce nouveau savoir ; mais ceci prend du temps. Au cours de cette phase de construction, les élèves doivent être acteurs de leurs apprentissages (Giordan, 1994). En effet, un enseignement efficace est un enseignement où les élèves construisent eux-mêmes leur savoir grâce à un équilibre entre expérimentations et savoir transmissif. Le processus d'apprentissage ne consiste pas en une accumulation des connaissances mais en « *une transformation du système cognitif* » (Rolando, 1996). Il est donc nécessaire tant pour l'enseignant que pour les élèves de prendre connaissance des conceptions et d'en tenir compte dans la démarche d'enseignement. Le problème, comme le souligne De Vecchi (2000), est que « *les conceptions font écran* » : « *elles ne permettent pas à un savoir nouveau de se construire* ». Ainsi, le rôle de l'enseignant est de faire prendre conscience aux élèves que leurs conceptions doivent être remises en question. Il doit donc créer un contexte favorable à cette remise en cause. Astolfi parle d'ailleurs de « *travail intellectuel critique* ». Il s'agit de « *désorganiser* » (Astolfi, 1992), « *déconstruire* » les conceptions existantes pour construire à la place les connaissances nouvelles.

3. Des conceptions sur les changements d'état de l'eau

Différentes conceptions sur l'eau et plus particulièrement ses changements d'état ont été recensées auprès de collégiens de 6^{ème} et de 5^{ème} (Laval, 1985). Voici celles auxquelles nous avons pensé avant la réalisation de notre séquence, compte tenu de notre sujet d'étude :

- plus on chauffe l'eau, plus sa température augmente ;
- quand il fait froid, la glace ne fond pas ;
- la température de la glace qui fond n'est pas la même selon la température du milieu extérieur.

Peu de recherches ont été menées concernant les conceptions sur l'eau des élèves de l'école élémentaire. Nous nous sommes donc fondées sur ce que de jeunes élèves sont en mesure de connaître sur l'eau et ses changements d'état. Ils ont une perception de ce qu'est la température à travers leurs sens et différentes expériences telles que le froid intense, le chaud intense, les brûlures. Ils ont certainement déjà vu de l'eau bouillir. Nous pouvons supposer que le passage de l'eau liquide à la glace (et réciproquement) a déjà été abordé à la maternelle ou au cycle 2, d'où quelques connaissances probablement acquises. En particulier, on peut s'attendre à ce qu'ils sachent « globalement » le rôle de la température : la glace fond quand il fait chaud, l'eau gèle quand il fait froid ou très froid. Si le programme de cycle 2 a été traité, les élèves peuvent se souvenir que l'eau est à l'état solide si la température est inférieure à 0°C et à l'état liquide sinon. En plus de cela, les études sur le collège renseignent sur ce qu'ils ne comprendront certainement pas aisément. Par exemple, la température est souvent perçue comme une caractéristique de l'objet (le fer, la glace, c'est froid ; la laine, c'est chaud) (Laval, 1985).

Comme nous l'avons dit précédemment, pour remettre en question ces conceptions, les élèves doivent être confrontés à un problème. À l'école, on essaye de favoriser les problèmes présentant un rapport avec un contexte non spécifiquement scientifique. Les élèves comprennent alors l'utilité des sciences pour « comprendre le monde ». Dans notre cas, les problèmes posés n'ont pas de relation directe avec le monde non scientifique. Cependant, au cycle 3, il est intéressant d'initier les élèves aux sciences « pour elles-mêmes », sans forcément les mettre en relation avec une situation de la vie courante. Ainsi, la résolution des problèmes posés aux élèves passe par une démarche basée sur le phénomène scientifique en question. Par exemple, « que se passe-t-il si on chauffe l'eau pendant une demi-heure ? » (question que nous avons d'ailleurs posée aux élèves lors de notre séquence). Même si le questionnement des élèves est moins axé sur une situation de la vie courante, la démarche adoptée reste la même que celle qui est préconisée par les programmes (la démarche d'investigation). Elle relève d'une réflexion sur une question qui génère des hypothèses étant alors mises à l'épreuve : c'est la « *démarche hypothético-déductive* » (Robardet, Guillaud, 1995).

II. La stabilité des températures de changement d'état de l'eau : **déroulement de notre séquence**

Séance 1

Objectif : Savoir que la température de fusion de l'eau est de 0°C

Déroulement :

Nous avons commencé par présenter le thème général de la séquence aux élèves puis celui de cette séance : la fusion de l'eau.

Nous leur avons posé la question suivante : « *À quelle température est la glace quand elle fond ?* ». Les élèves ont répondu par écrit puis une confrontation à l'oral avec l'ensemble de la classe a eu lieu.

Les élèves ont ensuite imaginé une expérience qui permettrait de répondre à la question posée et l'ont dessinée sous forme de schéma légendé. S'en est suivie une mise en commun à l'oral de l'expérience à mener.

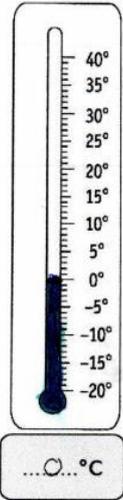
Expérience : Par deux, les élèves disposent d'un thermomètre plongé dans un récipient contenant un mélange de glace pilée et d'eau liquide. Une fois la température stabilisée, les élèves doivent la lire.

Nous avons alors distribué le matériel nécessaire à l'expérience et les élèves ont réalisé le travail demandé.

Nous avons conclu la séance par une mise en commun à l'oral des différents résultats obtenus et la réalisation de la trace écrite qui prend la forme d'un schéma légendé, et qui rend compte du fait que la température de fusion de la glace est égale à 0°C.

Trace écrite :

Complète le dessin du thermomètre en indiquant la température atteinte lors de ton expérience :



Bilan : À quelle température est la glace quand elle fond ?
Lorsqu'elle fond la température de la glace est de 0°C.

Séance 2

Objectif : Savoir que la température de fusion de l'eau ne dépend pas de la température de l'environnement

Déroulement :

Rappel de l'expérience réalisée en séance 1 et de son résultat.

Nous avons posé aux élèves la question suivante : « Est-ce que vous croyez que la glace fond toujours à 0°C ? Qu'est-ce qui pourrait faire varier cette température ? Comment pourrait-elle varier ? ». Les élèves ont répondu par écrit puis une confrontation à l'oral avec l'ensemble de la classe a eu lieu. Nous attendions les réponses suivantes : ombre, lumière, chaleur et froid. Nous avons annoncé aux élèves qu'aujourd'hui nous ne nous intéresserions qu'à la chaleur et au froid.

Nous avons ensuite choisi avec les élèves deux endroits (un à la chaleur et un au froid) dans l'école où nous pourrions mener nos expériences. Il a été décidé de mener les expériences dans la classe et dans la cour.

Nous avons demandé aux élèves de réaliser le schéma légendé de chacune des expériences.

Expérience : Par groupes de quatre élèves, trois groupes expérimentent dans la classe tandis que les trois autres expérimentent dehors. L'expérience consiste en la mesure de la température toutes les minutes et l'observation de l'état de la glace. Les élèves sont alors répartis selon des groupes déjà établis. Chaque groupe prend le matériel nécessaire et effectue le travail demandé.

Nous avons conclu la séance par une mise en commun à l'oral des différents résultats obtenus. Ces résultats ne correspondaient pas à ceux attendus à cause d'erreurs de lecture du thermomètre et de manipulations.

Séance 3

Objectifs :

- Savoir que la température de fusion de l'eau est de 0°C
- Savoir que la température de fusion de l'eau ne dépend pas de la température de l'environnement
- Savoir que la vitesse de fusion de l'eau dépend de la température de l'environnement

Déroulement :

Rappel des expériences réalisées en séance 2 et de leurs résultats.

Nous avons ensuite présenté la séance et les expériences qui allaient être menées.

Expériences : Tout au long de l'après-midi, quatre élèves relèvent toutes les demi-heures les températures de quatre récipients (deux dans la classe au chaud et deux dans la cour au froid). Ils doivent aussi observer l'avancement de la fusion de la glace.

Avant de mener les expériences, nous avons demandé aux élèves : « *Que va faire la température dans chacune des expériences ? Expliquez votre réponse. Que va faire la glace dans chacune des expériences ? Expliquez votre réponse.* » Les élèves ont répondu par écrit aux questions posées. S'en est suivi une mise en commun des différentes réponses obtenues.

Une fois les expériences terminées, nous avons repris l'ensemble des données obtenues et nous en avons débattu à l'oral : nous l'avons confronté avec leurs hypothèses de départ.

Nous avons conclu la séance par la rédaction d'une synthèse (phrase bilan différenciée).

Bilan :

La glace fond toujours à 0°C . Cette température ne dépend pas de l'endroit où la glace se trouve. Cependant la glace fond plus vite dans un endroit chaud que dans un endroit froid.

Séance 4

Objectif pour le PE : Faire l'état des lieux des acquis des élèves pour repérer les erreurs et leur origine (remédiation en séance 5 si besoin)

Objectifs pour les élèves :

- Savoir que la température de fusion de l'eau est de 0°C
- Savoir que la température de fusion de l'eau ne dépend pas de la température de l'environnement
- Savoir que la vitesse de fusion de l'eau dépend de la température de l'environnement

Déroulement :

Nous avons annoncé aux élèves qu'ils allaient faire une évaluation pour voir ce qui avait été retenu des expériences menées jusque là. Nous avons explicité les consignes de chaque exercice.

Le sujet de l'évaluation formative est disponible en annexe 1.

Séance 5

À la suite de l'évaluation formative, nous avons constaté qu'une remédiation était nécessaire. Nous avons réparti les élèves en groupes hétérogènes d'après les résultats de l'évaluation formative. Quatre ateliers de 45 min ont été répartis sur deux jours : un atelier sur l'ébullition, un autre en remédiation, les deux derniers en autonomie sur d'autres disciplines. Chaque groupe a participé à chaque atelier.

Atelier ébullition

Objectifs :

- Savoir que la température d'ébullition de l'eau est de 100°C
- Savoir que la température d'ébullition de l'eau ne dépend pas de la durée du chauffage

Déroulement :

Nous avons présenté aux élèves ce qui allait être fait dans cet atelier. Il leur a été demandé : « *Que fait la température de l'eau si on la chauffe pendant une demi-heure ?* » Les élèves ont répondu par écrit à la question posée. Les différentes réponses obtenues ont ensuite été confrontées à l'oral : les élèves se sont rendus compte qu'ils n'avaient pas tous les mêmes réponses et qu'elles étaient parfois très différentes les unes des autres.

Nous avons ensuite décrit aux élèves l'expérience qui allait être menée.

Expérience : De l'eau, dans laquelle est plongé un thermomètre, est chauffée jusqu'à ébullition. Les élèves doivent estimer la température de l'eau avant qu'elle soit chauffée puis avant chaque relevé. Toutes les deux minutes, un élève vient lire la température sur le thermomètre et tous la notent sur leur tableau de suivi. Ils doivent aussi observer l'évolution de l'eau afin d'identifier le moment de l'ébullition.

Pendant le temps d'attente, les élèves ont fait le schéma légendé de l'expérience sur leur feuille.

Nous avons conclu la séance par une synthèse à l'oral : « Quand l'eau bout, sa température est égale à 100°C. Cette température n'augmente pas même si on chauffe longtemps. »

Atelier remédiation

Objectifs :

- Savoir que la température de fusion de l'eau est de 0°C
- Savoir que la température de fusion de l'eau ne dépend pas de la température de l'environnement
- Savoir que la vitesse de fusion de l'eau dépend de la température de l'environnement

Déroulement :

Nous avons présenté aux élèves le déroulement et la raison de cet atelier.

Des situations ont été proposées (voir ci-dessous) et les élèves devaient y répondre à l'oral.

Cet atelier s'appuyait également sur l'entraide des élèves.

Deux exercices à l'oral pour lesquels on veille à ce que chaque élève puisse s'exprimer :

- Deux situations sont proposées l'une après l'autre (on utilise les élèves qui ont compris suite à l'évaluation diagnostique pour expliquer à ceux en difficulté).

Froid	Chaud
→ En haut d'une montagne, il fait 2°C.	→ Dans le désert, il fait 40°C.
Q1 : « <i>Est-ce que la glace fond ?</i> »	
Q2 : « <i>À quelle température est la glace quand elle fond ?</i> »	
→ Bien insister sur la différence entre la température de la glace et celle de l'air	
Q3 : « <i>Où est-ce que la glace fond le plus vite ? Dans le désert ou en haut de la montagne ?</i> »	

- Un vrai ou faux.

1. Quand elle fond, la température de la glace est de 4°C.
2. Dans une pièce où il fait 25°C, la température de la glace qui fond est de 25°C.
3. Dans une pièce où il fait 4°C, la température de la glace qui fond est de 4°C.
4. Dans la cour où il fait 18°C, la température de la glace qui fond est de 12°C.
5. La glace fond à la même température au Sahara et en Antarctique.
6. Quand il fait 3°C, la glace ne fond pas.
7. La glace fond plus vite dans un endroit où il fait froid que dans un endroit où il fait chaud.

Une évaluation a ensuite été donnée aux élèves afin de vérifier leurs connaissances.

Cette évaluation est disponible en annexe 2.

Séance 6

Objectif : Savoir que la température de l'eau ne dépend pas de la puissance du chauffage

Déroulement :

Nous avons demandé aux élèves : « *Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.* ». Les élèves ont

répondu par écrit à la question posée. S'en est suivie une confrontation de leurs hypothèses, celles-ci ont été notées au tableau pour pouvoir les comparer ultérieurement.

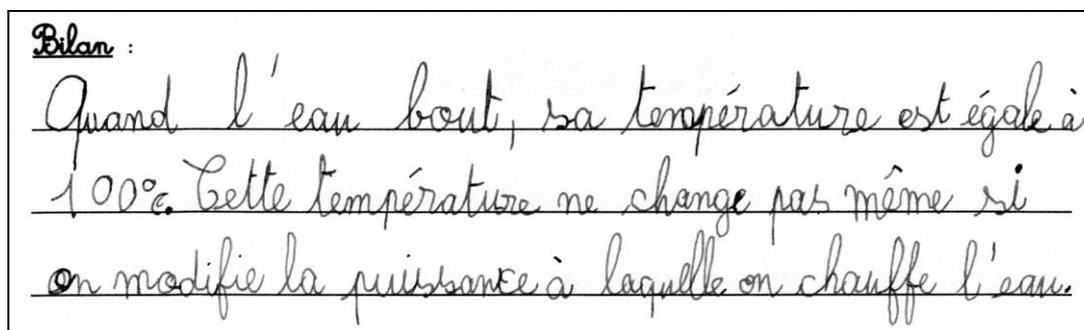
Nous avons présenté l'expérience qui allait être menée.

Expérience : Deux casseroles contenant chacune le même volume d'eau et un thermomètre sont chauffées jusqu'à ébullition. Une casserole est chauffée à faible puissance alors que l'autre est chauffée à plus grande puissance. Les élèves estiment la température de l'eau avant qu'elle soit chauffée puis avant chaque relevé. Toutes les deux minutes, deux élèves viennent lire la température et tous la notent dans leur tableau de suivi. Ils doivent aussi observer l'évolution de l'eau afin d'identifier le moment de l'ébullition.

Pendant le temps d'attente, les élèves recopiaient le schéma légendé de l'expérience selon les indications qu'ils avaient données.

À la fin de l'expérience, nous avons repéré grâce au tableau que l'ébullition se produit plus rapidement dans l'eau chauffée à grande puissance. Il s'en est suivi une synthèse (phrase bilan).

Trace écrite :



Bilan :
Quand l'eau bout, sa température est égale à 100°. Cette température ne change pas même si on modifie la puissance à laquelle on chauffe l'eau.

Séance 7

Objectif du PE : Faire le point sur les connaissances acquises

Déroulement :

Nous avons présenté aux élèves le travail qui était attendu d'eux : compléter deux tableaux reprenant l'ensemble des connaissances vues au cours de la séquence (cf. annexe 3).

Une fois l'activité terminée, nous avons placé au tableau deux affiches reprenant les tableaux vides qu'ils avaient dû remplir. Tous ensemble, nous avons complété ces deux

tableaux tout en confrontant les idées de chacun. Ces deux tableaux servent de traces écrites à l'ensemble de la séquence. Ils ont été affichés dans la classe.

III. Qu'ont appris les élèves sur la fusion de la glace ?

Dans cette partie nous nous intéresserons aux conceptions des élèves concernant la température de fusion de l'eau. Pour cela, à partir d'hypothèses d'élèves, nous analyserons leur évolution.

1. Présentation des résultats

Lors de notre première séance, nous avons recueilli les connaissances des élèves relatives à la température de fusion de la glace. Celles-ci sont regroupées dans le tableau suivant :

Type de réponse	Nombre d'élèves
-20°C et en dessous	2
-8°C	1
0°C	2
Entre 0°C et 7°C	7
30°C et au dessus	2
« je ne sais pas »	6
Réponse non cohérente avec la question posée	3

Réponses des élèves à la question : « À quelle température est la glace quand elle fond ? »

(recueil individuel et par écrit)

Lors de notre troisième séance, nous avons recueilli les hypothèses des élèves concernant l'évolution de la température de la glace en train de fondre dans un environnement chaud ou froid. Ces données figurent dans les tableaux suivants :

Type de réponse	Nombre d'élèves
0°C	4
La température augmente	8
La température diminue	2
Entre 3°C et 6°C	4
Entre -5°C et -1°C	2
« je ne sais pas »	1
Réponse non cohérente avec la question posée	2

Réponses des élèves à la question : « Que fait la température de la glace qui fond dans un environnement chaud ? » (recueil individuel et par écrit)

Type de réponse	Nombre d'élèves
0°C	3
La température diminue	7
La température stagne	2
La température augmente	1
Entre 0°C et 4°C	5
Entre -5°C et -2°C	2
« je ne sais pas »	1
Réponse non cohérente avec la question posée	2

Réponses des élèves à la question : « Que fait la température de la glace qui fond dans un environnement froid ? » (recueil individuel et par écrit)

Lors de notre quatrième séance, nous avons soumis une évaluation formative aux élèves. Cette évaluation (*disponible en annexe 1*) comprenait différentes questions concernant la température de fusion de la glace, sa stabilité et l'influence de l'environnement sur celle-ci. Il en est ressorti qu'environ un tiers de la classe paraissait avoir compris et retenu les notions abordées jusque là, un autre tiers semblait avoir compris certains points mais pas la totalité, et enfin un dernier tiers semblait n'avoir ni compris ni retenu les nouvelles notions. Voici un exemple de chacun de ces deux derniers cas :

Evaluation de milieu de séquence

Exercice 1 : Dans chaque expérience, la glace fond. Ecris la température qu'indique le thermomètre.

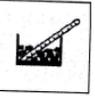
Au mois de décembre, dans la cour, un jour où il fait 2°C :  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px auto;">0°C</div>	Au mois de juillet, dans la cour, un jour où il fait 25°C :  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px auto;">2°C</div>	Dans un réfrigérateur où il fait 4°C :  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px auto;">0°C</div>	Près d'un radiateur où il fait 28°C :  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px auto;">5°C</div>
---	---	--	---

Exercice 2 : Dans chaque expérience, la glace fond. Ecris la température qu'indique le thermomètre.

Dans la classe, où il fait 24°C :

 Au bout de 30 minutes	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">0°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace 	Au bout de 1 heure 30	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">5°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input checked="" type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace
---	---	-----------------------	---

Dehors, quand il fait 5°C :

 Au bout de 30 minutes	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">0°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace 	Au bout de 1 heure 30	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">0°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input checked="" type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace
--	---	-----------------------	---

Exercice 3 : Vrai ou Faux ? Explique ta réponse.

La glace fond plus vite quand il fait froid que quand il fait chaud.

Elle fond plus vite quand elle est au chaud.

Dehors, la glace fond à 4°C.

Faux par ce que quand elle est au froid elle monte jusqu'à 2°C.

La glace fond à la même température au Sahara et en Antarctique.

Non au Sahara il fondra plus vite parce que il fait très très chaud et en Antarctique il va fondre moins vite parce que il fait très très froid. Au Sahara la température sera à 20°C et dans le deuxième en Antarctique sera à 0°C.

Exercice 4 : On met un récipient plein de glace dans une pièce où il fait 25°C. On met un autre récipient de glace (avec la même quantité de glace) dans un réfrigérateur où il fait 5°C.

1. Indique ce qui va se passer dans chaque récipient.
2. Indique ce qui sera pareil et ce qui va changer.

Dans le premier récipient il va se passer que la glace va fondre plus vite parce que il fait très très chaud. Et dans le deuxième il fait froid alors il va fondre moins vite. Dans le premier sera à 5°C et dans le deuxième il sera à 0°C.

Évaluation de milieu de séquence

Exercice 1 : Dans chaque expérience, la glace fond. Écris la température qu'indique le thermomètre.

<p style="font-size: small;">Au mois de décembre, dans la cour, un jour où il fait 2°C :</p>  <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; margin: 5px auto; text-align: center; line-height: 20px;">2°C</div>	<p style="font-size: small;">Au mois de juillet, dans la cour, un jour où il fait 25°C :</p>  <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; margin: 5px auto; text-align: center; line-height: 20px;">25°C</div>	<p style="font-size: small;">Dans un réfrigérateur où il fait 4°C :</p>  <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; margin: 5px auto; text-align: center; line-height: 20px;">4°C</div>	<p style="font-size: small;">Près d'un radiateur où il fait 28°C :</p>  <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; margin: 5px auto; text-align: center; line-height: 20px;">28°C</div>
--	---	---	---

Exercice 2 : Dans chaque expérience, la glace fond. Écris la température qu'indique le thermomètre.

Dans la classe, où il fait 24°C.

	Au bout de 30 minutes	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">24°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace 	Au bout de 1 heure 30	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">24°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input checked="" type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace
---	--------------------------	--	--------------------------	--

Dehors, quand il fait 5°C :

	Au bout de 30 minutes	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">4°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace 	Au bout de 1 heure 30	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">6°C</div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide <input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace
---	--------------------------	---	--------------------------	--

Exercice 3 : Vrai ou Faux ? Explique ta réponse.

La glace fond plus vite quand il fait froid que quand il fait chaud.

Non elle fond moins vite les glaçons sont froids et dehors aussi.

Dehors, la glace fond à 4°C.

Oui elle fond à 4°C dehors ça fait froid.

La glace fond à la même température au Sahara et en Antarctique.

Non en Antarctique c'est très froid.

Exercice 4 : On met un récipient plein de glace dans une pièce où il fait 25°C. On met un autre récipient de glace (avec la même quantité de glace) dans un réfrigérateur où il fait 5°C.

1. Indique ce qui va se passer dans chaque récipient.
2. Indique ce qui sera pareil et ce qui va changer.

La glace fond dans la pièce la où il fait chaud. La glace fond moins bien dans le réfrigérateur. parce qu'il fait froid mais elle fond quand même un petit peu.

Lors de notre bilan de remédiation, à la cinquième séance, nous avons pu constater que tous les élèves ont répondu correctement aux questions portant sur la température de fusion de la glace. Il s'agissait d'un exercice du type « vrai ou faux » pour lequel chaque réponse devait être justifiée :

- Quand elle fond, la température de la glace est de 4°C.
- Dans une pièce où il fait 25°C, la température de la glace qui fond est de 25°C.
- Dans une pièce où il fait 4°C, la température de la glace qui fond est de 4°C.
- Quand il fait 3°C, la glace ne fond pas.
- La glace fond plus vite dans un endroit où il fait froid que dans un endroit où il fait chaud.

2. Analyse

Analyse des séances 1 et 3

Lors de la première séance, nous avons pu constater que seulement deux élèves sur vingt-trois ont répondu à la question posée avec la bonne réponse. D'autres élèves nous ont répondu qu'ils ne savaient pas. Ainsi, nous pouvons nous poser la question suivante : que peut connaître un élève de 9-10 ans sur la question de la température de fusion de la glace, d'autant plus si elle n'a jamais été abordée à l'école auparavant ? Peut-être certains peuvent avoir quelques notions grâce à leur environnement familial. Ils connaissent sans doute des expressions comme « il gèle » sans pour autant qu'ils l'associent nécessairement au changement d'état. Ainsi, nous avons conclu que dans l'ensemble les élèves ne connaissent pas la température de fusion de la glace sauf, peut-être, deux élèves. Ces derniers ayant pu répondre juste par hasard.

Lors de la troisième séance, nous avons constaté que huit élèves pensaient que la température de fusion de la glace augmente dans un environnement chaud, et sept élèves pensaient que la température de fusion de la glace diminue dans un environnement froid. Parmi eux on retrouve cinq élèves ayant la conception logique suivante : s'il fait chaud la température de fusion de la glace augmente et réciproquement s'il fait froid. Les cinq élèves restant n'avaient qu'une conception semi logique.

Nous avons également constaté que quatre élèves ont répondu correctement à la question posée concernant l'environnement chaud et trois à celle concernant l'environnement froid. Parmi eux, deux élèves ont répondu correctement aux questions

dans les deux cas. Pour eux, les expériences ont eu suffisamment d'impact pour remettre en cause leurs conceptions, d'autant plus que leurs conceptions initiales étaient très éloignées de la valeur réelle de la température de fusion de la glace (-40°C pour l'un, ce qui correspond au type de réponse « -20°C et en dessous » de la séance 1, et 30°C pour l'autre, ce qui correspond au type de réponse « 30°C et au dessus » de cette même séance).

À noter, les deux élèves qui avaient bien identifié le 0°C lors de la première séance, n'ont pas su répondre correctement aux questions de la troisième séance. Plusieurs éléments peuvent expliquer cela. La question posée lors de la première séance (*À quelle température est la glace quand elle fond ?*) appelle à une réponse contenant une valeur, alors que celles posées lors de la séance trois (*Que fait la température de la glace qui fond dans un environnement chaud/froid ?*) appelle plutôt un sens de variation. Les réponses attendues sont davantage qualitatives que quantitatives : la température augmente, diminue ou reste stable. Cet aspect s'applique de la même manière à l'ensemble de la classe. Une autre explication possible serait la connaissance mise en jeu. En effet, dans la première séance, il est question de la température de fusion de la glace alors que dans la troisième, il est question de la stabilité de cette température. Il est donc possible d'avoir une conception juste pour le premier point mais pas pour l'autre. Enfin, on peut aussi penser que la réponse exacte fournie par ces deux élèves à la première séance est due au hasard.

Analyse de l'évaluation formative

Nous nous attendions aux résultats de cette évaluation formative. En effet, lors des trois premières séances, nous avons pu constater que les expérimentations ne convainquaient pas un bon nombre d'élèves. Les résultats des expériences menées en séances 1 et 2 ne correspondaient pas à ceux attendus à cause d'erreurs de lecture du thermomètre et de manipulations.

Pour la plupart des élèves, leurs conceptions avaient évolué. Par exemple, ceux qui pensaient que la glace qui fond était à -20°C ou 40°C ne le pensaient plus. Cependant, il était difficile pour eux d'admettre le 0°C . L'évaluation formative nous a donc semblé être un bon moyen, à la fois pour les élèves et pour nous, de faire le point sur l'état des conceptions des élèves. En la concevant, nous envisagions déjà la possibilité d'une remédiation. Les résultats de cette évaluation ont confirmé cette possibilité qui s'est avérée nécessaire.

Analyse du bilan de remédiation

Comme nous l'avons dit précédemment, les élèves ont tous réussi le bilan de la remédiation. Cette réussite peut s'expliquer, tout d'abord, par le faible effectif. En effet, la séance au cours de laquelle a été menée la remédiation a été réalisée en ateliers. La classe était donc partagée en quatre groupes de cinq à six élèves. Le fait de travailler avec peu d'élèves a favorisé leur attention et leur implication. La réussite de cette remédiation peut aussi s'expliquer par la constitution hétérogène des groupes. Nous avons formé les groupes de manière à ce que chaque tiers de la classe obtenu à l'issue des résultats de l'évaluation formative soit représenté dans chacun des groupes. Ainsi, des échanges ont pu avoir lieu entre les élèves ayant bien acquis les nouvelles connaissances et ceux pour qui elles étaient plus fragiles. Ces interactions ont peut-être permis une meilleure évolution des conceptions. Enfin, un autre élément peut expliquer cette réussite : le bilan a été proposé immédiatement après le travail de remédiation, les élèves ayant encore tous en tête les connaissances qui venaient d'être abordées.

IV. Qu'ont appris les élèves sur l'ébullition de l'eau ?

Dans cette partie nous nous intéresserons aux conceptions des élèves concernant l'ébullition de l'eau. Pour cela, à partir d'hypothèses d'élèves, nous analyserons leur évolution.

1. Présentation des résultats

Lors de notre cinquième séance, nous avons recueilli les connaissances des élèves relatives à la température de l'eau à l'ébullition. Celles-ci sont regroupées dans le tableau suivant :

Type de réponse	Nombre d'élèves
Entre 9°C et 15°C	7
20°C ou 25°C	6
30°C ou 35°C	2
40°C ou 46°C	4
50°C ou 56°C	2

« La température où on a mis la casserole »	1
« je ne sais pas »	0
Réponse non cohérente avec la question posée	1

Réponses des élèves à la question : « *Que fait la température de l'eau si on la chauffe pendant une demi-heure ?* » (recueil individuel et par écrit)

À la suite de ce recueil, les élèves ont rempli un tableau de suivi des températures de l'eau portée à ébullition. La température de l'eau était lue toutes les deux minutes. Avant chaque relevé, les élèves devaient faire une estimation de celle-ci. Les deux documents ci-après correspondent à deux tableaux d'élèves remplis au cours de l'expérience. Ces deux documents sont représentatifs de ceux obtenus par l'ensemble de la classe.

Tableau de suivi de l'ébullition

Temps (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
Prévisions	5°C	20°C	70°C	50°C	70°C	71°C	84°C	94°C
Température relevée	14°C	30°C	40°C	52°C	64°C	74°C	84°C	90°C

Temps (min)	16	18	20	22	24	26	30.28
Prévisions	104°C	104°C	106°C	104°C	100°C	100°C	100°C
Température relevée	95°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C

Tableau de suivi de l'ébullition

Temps (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
Prévisions	0°C	15°C	40°C	50°C	51°C	80°C	90°C	95°C
Température relevée	14°C	30°C	40°C	51°C	64°C	74°C	84°C	90°C

Temps (min)	16	18	20	22	24	26	28
Prévisions	102°C	110	106°C	100°C	100°C	100°C	100°C
Température relevée	96	100°C	100	100°C	100°C	100°C	100°C

Lors de notre sixième séance, nous avons recueilli les hypothèses des élèves concernant l'influence de la puissance de chauffage sur la température de l'eau à l'ébullition. Plus de la moitié des élèves a bien répondu que la température reste la même (100°C) dont sept élèves qui précisent l'influence de la puissance de chauffage sur la vitesse d'ébullition. En voici un exemple :

Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.

Non, mais elle chauffera plus vite, l'eau bou toujours à 100°C donc ça ne changera pas la température de l'eau.

Cinq élèves ont répondu que la température d'ébullition de l'eau dépend de la puissance de chauffage (plus on chauffe l'eau, plus elle est chaude). Cette conception était celle à laquelle nous nous attendions pour cette question. En voici deux illustrations :

Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.

Non si petit, ça sera moins et si grand feu ça sera plus

Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.

Oui parce que si on met un petit feu ça sera moins la température et si on met un grand feu et ça sera à plus de température.

Les élèves restants ont donné des réponses non cohérentes avec la question posée, comme on peut le voir ci-dessous :

Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.

non

Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? Explique ta réponse.

non, 14°C, 16°C, 13°C, 18°C

Pour clore cette séquence, une activité structurante a été proposée aux élèves. Celle-ci n'a été réussie que par une minorité d'élèves. Voici trois exemples de production d'élèves : la première est considérée comme réussie, la deuxième comme l'étant partiellement et la troisième comme ne l'étant pas.

Activité de synthèse de la séquence

La glace fond quand *l'air est au plus de 0°C*

Température de l'air	Température de la glace qui fond
30°C	0°C
18°C	0°C
4°C	0°C

L'eau bout quand *Il y a un grand feu et que le thermomètre est à 100°C*

Conditions	Température de l'eau qui bout
Si on chauffe l'eau avec un grand feu	100°C
Si on chauffe l'eau longtemps	100°C
Si on chauffe l'eau avec un petit feu	100°C

Activité de synthèse de la séquence

La glace fond quand la glace fond quand il fait une température de 0°C une température

Température de l'air	Température de la glace qui fond
Si on chauffe l'eau avec un grand feu	0°C
Si on chauffe l'eau avec un petit feu	4°C
	18°C

L'eau bout quand et

Conditions	Température de l'eau qui bout
Si on chauffe l'eau longtemps	100°C
	Au delà de 100°C
	Egale à 100°C

Activité de synthèse de la séquence

La glace fond quand il fait une température supérieure à 0°C

Température de l'air	Température de la glace qui fond
<u>l'air est à 18 degrés</u>	<u>La glace fond à 0°C</u>

L'eau bout quand on chauffe l'eau à grand feu

Conditions	
	Si on chauffe l'eau longtemps
Si on chauffe l'eau avec un petit feu	

2. Analyse

Impact des séances expérimentales

Parmi les réponses recueillies au cours de la cinquième séance, aucune ne correspond à celle attendue, c'est-à-dire 100°C. Comme dans le cas de la fusion de la glace, le fait que les élèves n'aient pas su répondre correctement à cette question est tout à fait compréhensible : si on ne la connaît pas, la température d'ébullition de l'eau ne peut pas s'inventer.

Le fait d'avoir fait des estimations de températures a permis aux élèves de confronter en direct leurs hypothèses avec la réalité. Ils ont en effet ajusté leurs prévisions en fonction des données relevées. Dans un premier temps, certains ont mis en place des stratégies dans le but de trouver une logique à l'augmentation de la température. Par exemple, « si la température relevée augmente de 2°C en 2°C, j'augmente ma prévision de 2°C en 2°C ». À mesure que le temps passait, la confrontation à l'expérience a eu un impact conséquent sur les conceptions des élèves, ce qui est d'ailleurs confirmé par le recueil des hypothèses en séance six. Le fait d'avoir continué le relevé largement après le début de l'ébullition a permis aux élèves de constater la stabilité de la température de ce changement d'état. Comme l'illustrent les tableaux ci-dessus, les élèves ont testé la résistance de leurs conceptions aux résultats. En fin de compte, ils ont été convaincus par l'expérience : d'eux-mêmes ils estimaient les 100°C.

Lors de la mise en œuvre de cette cinquième séance, les élèves étaient répartis en groupes de cinq à six élèves. Ce choix de répartition s'explique par une contrainte matérielle : à cette séance nous ne possédions pas de plaque chauffante, nous avons dû utiliser celle de la cuisine qui ne pouvait pas accueillir tous les élèves. Il s'est finalement avéré bénéfique de travailler en petits groupes. Le groupe d'élèves expérimentant en cuisine a pu s'exprimer librement sans risquer de perturber leurs camarades travaillant sur d'autres ateliers. Nous sommes cependant bien conscientes que cette organisation a pu se faire grâce à la présence de trois enseignantes et qu'elle n'est pas possible habituellement avec un seul enseignant.

Suite aux recueils d'hypothèses de la sixième séance, nous avons pu constater que les conceptions de certains élèves avaient évolué grâce à l'expérimentation menée en séance cinq. En effet, plus de la moitié des élèves avait répondu juste et a su justifier oralement la réponse. La confrontation à l'expérimentation a suffi à la remise en cause de leurs

conceptions et la mise en place du nouveau savoir au moins à court terme. Pour les élèves restants (une petite moitié), les conceptions étaient encore présentes en début de séance 6. Nous verrons plus loin si la fin de cette séance a pu les faire évoluer.

Impact de l'activité structurante

Lors de la septième et dernière séance, nous avons mené une activité structurante dans le but de faire le point sur les savoirs à acquérir au cours de cette séquence. Pour la quasi-totalité de la classe, cette activité a été un échec. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer. Tout d'abord, cette activité consistait à compléter deux tableaux (un concernant la fusion et l'autre l'ébullition). Cette organisation en tableau a perturbé les élèves à cause de sa fonction nouvelle : organiser des connaissances plutôt que relever des informations au cours d'expériences. De plus, la manière de compléter le tableau a posé problème aux élèves. Ils devaient en effet à la fois coller des étiquettes et compléter des cases en écrivant. Beaucoup ne savaient pas où écrire, où coller c'est-à-dire comment organiser toutes ces informations. Enfin, les consignes données aux élèves les ont déstabilisées. Les instructions données initialement n'étaient pas suffisamment précises pour certains élèves. Elles ont donc dû être complétées. Nous avons choisi de les repreciser à toute la classe et c'est à ce moment-là que la confusion s'est installée pour pratiquement tous les élèves : aussi bien ceux qui avaient compris les consignes initiales que les autres. Pour toutes ces raisons, nous ne pouvons pas exploiter les résultats de cette activité structurante dans le but de savoir si les nouvelles connaissances ont été acquises ou non. Cependant, nous ne remettons pas en cause les intérêts de l'activité structurante mais plutôt notre pratique lors de cette séance. Nous aurions pu soit limiter le nombre d'informations à organiser par les élèves, soit utiliser une autre présentation des connaissances (sous forme linéaire par exemple).

V. Qu'ont retenu les élèves quatre mois après la fin de la séquence ?

1. Quels résultats à l'évaluation différée ? Quel bilan ?

Quatre mois après la dernière séance de cette séquence, nous avons soumis aux élèves une évaluation différée (*disponible en annexe 4*). Notre objectif était de constater si les anciennes conceptions des élèves ont été dépassées et si le nouveau savoir s'est bien

inscrit durablement. En effet, nous avons toujours mené nos évaluations (évaluation formative, bilan de la remédiation et activité structurante) « à chaud » mais nous savons que les connaissances des élèves s'érodent et que leurs conceptions perdurent.

Nous avons conçu cette évaluation sur le même modèle que l'évaluation formative : des exercices de type « Vrai ou Faux » et des schémas identiques à ceux déjà proposés à compléter. Nous avons volontairement décidé de ne pas reprendre la forme de l'activité structurante car elle avait posé problème aux élèves. Nous avons donc préféré une forme d'exercices auxquels les élèves avaient déjà été confrontés : celle de l'évaluation formative.

a) Présentation des résultats

Suite à l'analyse des évaluations de vingt-deux élèves (un élève absent), nous avons pu classer leurs productions en six catégories :

- La première : douze élèves qui ont donné la bonne réponse pour chaque question ;
- La deuxième : trois élèves qui n'ont seulement pas su donner la valeur de la température de fusion de la glace ;
- La troisième : un élève qui n'a seulement pas su donner la valeur de la température d'ébullition de l'eau ;
- La quatrième : quatre élèves qui n'ont su donner ni la valeur de la température de fusion de la glace ni celle d'ébullition de l'eau mais qui ont répondu correctement aux autres questions ;
- La cinquième : un élève a répondu correctement à l'ensemble des questions sauf une portant sur la vitesse d'ébullition de l'eau ;
- La sixième : un élève qui n'a répondu correctement qu'à la question portant sur la vitesse de fusion de la glace.

b) Analyse

Au vu des résultats de ces évaluations, nous pouvons dire que douze élèves sur vingt-deux ont acquis les nouvelles connaissances. Nous pouvons donc en déduire que la séquence qui a été menée a su remettre en question efficacement ce que pensaient initialement ces élèves. Les nouveaux savoirs se sont installés de manière durable.

En ce qui concerne la deuxième catégorie de productions d'élèves, nous avons comparé leurs réponses avec leurs hypothèses initiales. Il en ressort qu'un élève a conservé ses idées de départ. En effet, il pensait que la glace fondait à 30°C et, lors de cette

évaluation différée, il apparaît que selon lui la glace fond à 20°C dans un endroit où il fait 2°C et à 29°C dans un endroit où il fait 25°C. Pour un autre de ces trois élèves, le travail réalisé au cours de cette séquence a permis d'installer les nouvelles connaissances. En effet, celui-ci avait répondu « je ne sais pas » à la question posée lors de la première séance (« *À quelle température est la glace quand elle fond ?* »). Cependant, ce nouveau savoir n'est pas stable puisque, selon cet élève, la glace fond bien à 0°C dans un endroit où il fait 2°C mais à 10°C dans un endroit où il fait 25°C. Enfin, en ce qui concerne le dernier élève, ses réponses correspondent aux températures de l'énoncé. Ses hypothèses initiales (la glace fond entre 0°C et 4°C) étaient proches de la réalité et un échange avec lui nous a permis de constater qu'il avait déjà quelques connaissances sur le sujet. D'ailleurs, lors de l'évaluation formative et de l'activité structurante, cet élève avait répondu correctement. Nous supposons donc qu'il s'est précipité à ce moment de l'évaluation différée, ce qui lui ressemblerait d'après ce que nous connaissons de cet élève.

L'élève qui n'a pas donné les bonnes valeurs de température d'ébullition de l'eau avait initialement indiqué que l'eau bout à 30°C. Lors de l'évaluation différée, il dit que l'eau bout à 25°C à feu doux et à 50°C à grand feu, ce qui révèle la logique suivante : l'eau bout à une température plus élevée si la puissance de chauffage est plus élevée. Nous supposons que pour cet élève l'expérimentation n'a pas suffi à remettre en question ses conceptions et les remplacer par le nouveau savoir.

En ce qui concerne la quatrième catégorie de productions d'élèves, leurs connaissances concernant la température de fusion de la glace ne correspondent plus à leurs hypothèses initiales mais ne sont toujours pas celles attendues. En revanche, pour l'ébullition, leurs réponses lors de l'évaluation différée sont semblables à celles données initialement.

L'élève qui a répondu correctement à l'ensemble des questions sauf une portant sur la vitesse d'ébullition de l'eau a probablement mal compris l'énoncé, d'autant plus que le vocabulaire employé a posé problème à une grande majorité d'élèves. En effet, ses hypothèses initiales ont toujours été correctes et les échanges oraux que nous avons eus avec lui ont toujours montré une bonne assimilation des notions.

L'élève qui n'a répondu correctement qu'à la question portant sur la vitesse de fusion de la glace n'a pas acquis les nouvelles connaissances en ce qui concerne les températures de changement d'état (fusion de la glace et ébullition de l'eau). Déjà au départ, ses hypothèses initiales à ce sujet n'étaient pas correctes. En ce qui concerne la question de la vitesse d'ébullition selon la puissance de chauffage, ses hypothèses initiales étaient justes

alors que lors de l'évaluation différée, ses réponses étaient incorrectes. Plusieurs raisons peuvent expliquer cela : soit cet élève avait répondu au hasard lors du recueil des hypothèses, soit l'éloignement dans le temps a mis en évidence l'instabilité de ses savoirs, soit notre séquence n'a pas permis la stabilisation de ses savoirs mais les a rendus confus.

c) Bilan

Après analyse, nous sommes en mesure de dire que les élèves ont eu de meilleurs résultats à l'évaluation différée qu'à l'activité structurante. Nous redoutions pourtant qu'une majorité d'élèves ne réussisse pas cette évaluation car celle-ci était éloignée de la fin de notre séquence et que l'activité structurante qui l'avait conclue avait été un échec. Ainsi, cela renforce l'hypothèse que la forme de l'activité structurante n'a pas convenu aux élèves et qu'au contraire, le fait d'avoir réutilisé le même modèle d'exercices que celui de l'évaluation formative leur a permis de mieux réactiver leurs souvenirs de la séquence.

Le problème scientifique que nous avons proposé aux élèves lors de cette séquence n'est pas un problème que les élèves se seraient posés d'eux-mêmes. En effet, ce problème ne relève pas de la vie courante et de ce fait, il a peu de liens avec ceux que se poseraient spontanément un grand nombre d'élèves. Ainsi, certains n'ont peut-être pas réussi à se sentir concernés par ce problème. Aussi, peu de situations expérimentales diverses permettent de l'aborder. Le choix des expérimentations est ainsi restreint. Les expérimentations possibles ne permettent aux élèves que de constater la réalité et non de remettre réellement en cause leurs conceptions, quand il y en a ; c'est là la limite scientifique de ce sujet. Par ailleurs, il n'est pas possible à l'école élémentaire de décontextualiser ce sujet dans le but de réinvestir les notions et de les installer durablement.

2. Comment ont évolué les conceptions des élèves ? Comparaisons entre hypothèses initiales et évaluation différée

Afin de pouvoir constater l'évolution des conceptions des élèves, nous comparons leurs hypothèses initiales avec leurs réponses obtenues lors de l'évaluation différée.

a) Fusion

Présentation des résultats

	Type de réponse	Nombre d'élèves
Groupe A	La température reste à 0°C.	3
Groupe B	La glace fond à une température plus élevée dans un environnement chaud que dans un environnement froid.	11
Groupe C	La température de la glace qui fond augmente dans un environnement chaud et reste à 0°C dans un environnement froid.	3
Groupe D	La glace fond à une température plus élevée dans un environnement froid que dans un environnement chaud.	1
Groupe E	« je ne sais pas »	1
Groupe F	Réponse incohérente	3

Réponses des élèves à la question : « Que fait la température de la glace qui fond dans un environnement chaud/froid ? » lors de la séance 3 (recueil individuel et par écrit)

Type de réponse	Nombre d'élèves
La température reste à 0°C.	14 dont 2 du groupe A, 8 du groupe B, 2 du groupe C, 1 du groupe D et 1 du groupe F
La glace fond à une température plus élevée dans un environnement froid que dans un environnement chaud.	8 dont 1 du groupe A, 3 du groupe B, 1 du groupe C, 1 du groupe E et 2 du groupe F

Réponses des élèves à l'exercice de l'évaluation différée portant sur cette même notion (recueil individuel et par écrit)

Analyse

Lors du recueil des hypothèses initiales, nous avons retrouvé la conception attendue (la glace fond à une température plus élevée dans un environnement chaud que dans un environnement froid) chez onze élèves sur vingt-deux. Suite à notre séquence, nous pouvons constater que plus aucun élève ne conserve cette conception. En effet, huit de ces élèves ont acquis le nouveau savoir et cela de manière durable. En revanche, les trois autres ont abandonné leur ancienne conception mais en ont adopté une autre qui ne correspond pas à la réalité. Et ce ne sont pas les seuls puisque quatre élèves ayant donné des réponses autres que la conception attendue ou la bonne réponse adoptent désormais cette même conception. Il en est de même pour un élève qui avait donné la bonne réponse. Son hypothèse initiale était probablement due au hasard. Cette nouvelle conception nous paraît illogique et nous ne comprenons pas comment les élèves en sont venus à penser cela. Pour le reste de la classe, notre séquence a permis d'installer un nouveau savoir avec une remise en question ou non des conceptions existantes selon les élèves.

b) Ébullition

Présentation des résultats

	Type de réponse	Nombre d'élèves
Groupe A	La température reste à 100°C.	12
Groupe B	Plus on chauffe l'eau, plus sa température augmente.	5
Groupe C	Réponse incohérente	5

Réponses des élèves à la question : « Est-ce que la puissance à laquelle on chauffe l'eau modifie la température à laquelle elle bout ? » lors de la séance 6
(recueil individuel et par écrit)

Type de réponse	Nombre d'élèves
La température reste à 100°C.	16 dont 9 du groupe A, 3 du groupe B et 4 du groupe C

Plus on chauffe l'eau, plus sa température augmente.	5 dont 2 du groupe A, 2 du groupe B et 1 du groupe C
Plus on chauffe l'eau, plus sa température diminue.	1 du groupe A

Réponses des élèves à l'exercice de l'évaluation différée portant sur cette même notion
(recueil individuel et par écrit)

Analyse

Lors du recueil des hypothèses initiales, nous avons retrouvé la conception attendue (plus on chauffe l'eau, plus sa température augmente) chez cinq élèves. Les expérimentations et les confrontations menées tout au long de notre séquence ont permis de faire évoluer cette conception chez trois de ces élèves et d'installer les nouvelles connaissances de manière durable. Cependant, cette conception persiste encore chez les deux autres élèves. Les confrontations aux expériences et les échanges n'ont pas été suffisants pour la remettre en question. Pour ces deux élèves, il aurait peut-être fallu mener d'autres expériences qui auraient permis de réinvestir cette notion dans un contexte différent. Cependant, il est difficile de trouver d'autres situations dans lesquelles réinvestir cette notion, et c'est bien là la limite de ce problème scientifique.

L'ensemble du travail mené lors de cette séquence a aussi permis à quatre des cinq élèves ayant donné une réponse incohérente lors du recueil des hypothèses, d'acquérir le savoir mis en jeu et cela de manière durable. En revanche, chez le cinquième élève, notre séquence n'a pas été en mesure d'empêcher l'apparition et la persistance de la conception attendue.

Parmi les douze élèves qui semblaient maîtriser cette notion, neuf ont conservé leur hypothèse de départ. Pour certains, leur hypothèse initiale n'était peut-être pas due au hasard mais relevait de connaissances acquises antérieurement à l'école ou dans le cadre familial. Pour d'autres, leur hypothèse, peut-être due au hasard, a été confirmée par le biais de notre séquence. Deux autres élèves parmi ces douze ont modifié leur hypothèse de départ et ont adopté la conception à laquelle nous nous attendions. Leur hypothèse initiale était peut-être due au hasard, ou alors notre séquence a orienté leur raisonnement vers cette conception erronée. Enfin, une importante confusion s'est installée chez le douzième élève puisque celui-ci tient désormais un raisonnement illogique.

Conclusion

À l'issue de cette séquence et du travail d'analyse que nous avons réalisé, nous pouvons dire que nous avons retrouvé chez les élèves les conceptions auxquelles nous nous attendions. Les élèves nous ont aussi fait part de conceptions auxquelles nous n'avions pas pensé.

Le bilan de l'évolution des conceptions des élèves est partiellement positif. En effet, plus de la moitié de la classe a assimilé le nouveau savoir de manière stable et durable. Pour certains qui avaient des conceptions préexistantes, celles-ci ont été remises en cause et modifiées. L'ensemble des confrontations aux expériences et entre pairs que nous avons menées a eu suffisamment d'impact pour bouleverser les conceptions des élèves et reconstruire le nouveau savoir.

Cependant, pour une minorité d'élèves, ce nouveau savoir n'a pas pu être assimilé de manière stable et durable. Selon les cas, peut-être est-ce à cause des problèmes posés qui n'ont pas su faire sens, de nos explications qui ont fait naître des confusions, ou du travail proposé qui n'a pas su remettre en question les conceptions préexistantes.

Des améliorations pourraient être apportées à cette séquence, notamment en ce qui concerne l'activité structurante. La forme que nous avons proposée aux élèves ne leur a pas convenu. Peut-être aurait-il été plus judicieux de proposer une activité moins guidée où les élèves auraient pu choisir eux-mêmes la façon d'organiser les connaissances. Nous aurions également souhaité proposer aux élèves davantage d'expériences dans le but de varier les situations et donc de donner plus de sens aux notions abordées, mais notre sujet ne nous le permet pas aisément.

Pour qu'un enseignement soit efficace, il est indispensable que les conceptions des élèves soient prises en compte dans la démarche d'apprentissage. Cependant, chez certaines personnes, même après de longues études, les conceptions initiales reprennent le dessus sur les savoirs « acquis ». L'enjeu est donc de taille pour l'enseignant de l'école primaire.

Bibliographie

ARTIGUE, M. (1990). Épistémologie et didactique. In *Recherche en Didactique des Mathématiques* (pp.241-286). Grenoble : La pensée sauvage.

ASTOLFI, J.P. (1989). *L'école pour apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.

DE VECCHI, G. (2000). *Aider les élèves à apprendre*. Paris : Hachette .

DE VECCHI, G., & CARMONA-MAGNALDI, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris : Hachette.

GIORDAN, A., & DE VECCHI, G. (1994). *Les origines du savoir : Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.

LAVAL, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. In *Chaud, froid, ... pas si simple : quelques activités concernant les notions de température et de chaleur* (pp.115 à 132). Paris : INRP.

ROBARDET, G., & GUILLAUD, J.C. (1995). *Éléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques : De la recherche à la pratique*. Grenoble : Publications de l'IUFM de Grenoble.

ROLANDO, J.M. (1996). Activités scientifiques à l'école Quelles finalités ? Quelles démarches ? *GRAND N, numéro spécial : sciences physiques et technologie cycle 3*.

Annexe 1 : Sujet de l'évaluation formative

Prénom :

Évaluation de milieu de séquence

Exercice 1 : Dans chaque expérience, la glace fond. Écris la température qu'indique le thermomètre.

Un mois de décembre,
dans la cour,
un jour où il fait 2°C :



°C

Un mois de juillet,
dans la cour,
un jour où il fait 25°C :



°C

Dans un réfrigérateur,
où il fait 4°C :



°C

Près d'un radiateur,
où il fait 28°C :



°C

Exercice 2 : Dans chaque expérience, la glace fond. Écris la température qu'indique le thermomètre.

Dans la classe où il fait 24°C :



Après 30 minutes

°C

Plus de glace que d'eau liquide
 Autant de glace que d'eau liquide
 Plus d'eau liquide que de glace

Après 1 heure

°C

Plus de glace que d'eau liquide
 Autant de glace que d'eau liquide
 Plus d'eau liquide que de glace

Préam :

Dehors, quand il fait 5°C :



Au bout de
30 minutes



°C
<input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide
<input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide
<input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace

Au bout de
1 heure 30



°C
<input type="checkbox"/> Plus de glace que d'eau liquide
<input type="checkbox"/> Autant de glace que d'eau liquide
<input type="checkbox"/> Plus d'eau liquide que de glace

Exercice 3 : Vrai ou Faux ? Explique ta réponse.

La glace fond plus vite quand il fait froid que quand il fait chaud.

Dehors, la glace fond à 4°C.

La glace fond à la même température au Sahara et en Antarctique.

Présumé :

Exercice 4 : On met un récipient plein de glace dans une pièce où il fait 25°C . On met un autre récipient de glace (avec la même quantité de glace) dans un réfrigérateur où il fait 5°C .

1. Indique ce qui va se passer dans chaque récipient.
2. Indique ce qui sera pareil et ce qui va changer.

Annexe 2 : Sujet du bilan de la remédiation

Prénom :

Bilan de la remédiation

Vrai ou Faux ? Réécris la phrase correcte lorsque c'est faux.

Quand elle fond, la température de la glace est de 4°C.

Dans une pièce où il fait 25°C, la température de la glace qui fond est de 25°C.

Dans une pièce où il fait 4°C, la température de la glace qui fond est de 4°C.

Quand il fait 3°C, la glace ne fond pas.

La glace fond plus vite dans un endroit où il fait froid que dans un endroit où il fait chaud.

Annexe 3 : Activité structurante

Prénom :

Activité de synthèse de la séquence

La glace fond quand _____ _____	
Température de l'air	Température de la glace qui fond

L'eau bout quand _____ _____	
Conditions	Température de l'eau qui bout

4°C

18°C

30°C

Si on chauffe l'eau longtemps

Si on chauffe l'eau avec un petit feu

Si on chauffe l'eau avec un grand feu

Annexe 4 : Sujet de l'évaluation différée

Prénom :

Evaluation différée de fin de séquence

Exercice 1 : Vrai ou Faux ?

Quand il fait 3°C, la glace ne fond pas. _____

La glace fond plus vite quand il fait 30°C que quand il fait 15°C. _____

Exercice 2 : Dans chaque expérience, la glace fond. Ecris la température qu'indique le thermomètre.

Ici mois de décembre,
dans la cour,
un jour où il fait 2°C :



°C

Ici mois de juillet,
dans la cour,
un jour où il fait 25°C :



°C

Exercice 3 : Dans chaque expérience, l'eau bout. Ecris la température qu'indique le thermomètre.

On chauffe l'eau sur
un petit feu.



°C

On chauffe l'eau sur
un grand feu.



°C

Exercice 4 : Vrai ou Faux ?

L'eau commence à bouillir plus vite sur le grand feu que sur le petit feu. _____



MÉMOIRE PROFESSIONNEL MASTER MES FICHE DESCRIPTIVE

AUTEUR(S) : Amélie CAPO DI FERRO DE MONTARSOLO & Élodie ROUX

RESPONSABLE DU MÉMOIRE : Jean-Michel ROLANDO

TITRE :

Comment faire évoluer les conceptions des élèves ?

Les températures de changement d'état de l'eau au cycle 3.

RÉSUMÉ :

Comment faire comprendre aux élèves que l'eau change d'état à des températures constantes et ce indépendamment de la température de l'environnement et de la puissance de chauffage de l'eau ? Les confrontations aux expériences et entre pairs ont un rôle fondamental dans le bouleversement des conceptions des élèves et dans la reconstruction du nouveau savoir. Notre étude, réalisée auprès d'une classe de CE2, a montré que, pour la majorité de la classe, les conceptions initiales ont évolué et le nouveau savoir s'est installé de manière stable et durable. Les résultats sont beaucoup plus mitigés pour l'autre partie de la classe : dans quelques cas, les conceptions initiales sont revenues ; dans d'autres, de nouvelles conceptions, ne correspondant pas au savoir visé, sont apparues.

MOTS CLÉS :

enseignement des sciences physiques ; cycle 3 ; CE2 ; eau ; températures de changement d'état ; évolution des conceptions