



HAL
open science

La démarche expérimentale : une occasion de développer l'autonomie des élèves

Marine Setau

► To cite this version:

Marine Setau. La démarche expérimentale : une occasion de développer l'autonomie des élèves. Education. 2016. dumas-01699608

HAL Id: dumas-01699608

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01699608v1>

Submitted on 2 Feb 2018

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

**MASTER « MÉTIERS DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT
ET DE LA FORMATION »**

Mention	Parcours
Premier degré	PES - A
Domaine de recherche : Sciences	Centre de : Tarbes

MÉMOIRE

La démarche expérimentale : une occasion de développer l'autonomie des élèves

SETAU Marine

Directeur de mémoire	Co-directeur de mémoire
PELISSIER Lionel Maître de Conférences en Didactique des Sciences. ESPE Toulouse, Midi-Pyrénées	
Membres du jury de soutenance :	
- PELISSIER Lionel (Maître de Conférences en Didactique des Sciences. ESPE Toulouse, Midi-Pyrénées) - RABIER Alain (Professeur Agrégé de Sciences Physiques. ESPE Toulouse, Midi-Pyrénées)	
Soutenu le 23/05/2016	

Sommaire

Introduction	3
I. Les sciences à l'école primaire	5
1. La démarche d'investigation	6
2. La démarche expérimentale	7
a) Épistémologie	7
b) Les textes officiels	9
c) La vision d'Astolfi et Vygotski	10
d) Pratique de classe avec les élèves	11
3. L'autonomie	12
a) Définitions	12
b) Les textes officiels	13
c) Autonomie et démarche expérimentale	14
II. Méthodologie	15
1. Le choix des situations	15
2. La mise en place des séances	16
3. Le détail des séances	18
a) Séance n°1 : Le thermomètre	18
b) Séance n°2 : La fusion	22
c) Séance n°3 : La solidification	25
d) Séance n°4 : L'ampoule et la pile plate	29
e) Séance n°5 : Allumer l'ampoule à distance	32
f) Séance n°6 : L'interrupteur	34

III. Analyse	36
1. La phase de conception	37
a) Les séances autour de l'eau	37
• Séance n°1 : Le thermomètre	38
• Séance n°2 : La fusion	40
b) « La solidification » et « L'ampoule et la pile plate »	44
• Séance n°3 : La solidification	44
• Séance n°4 : L'ampoule et la pile plate	46
• Comparaison	48
c) Les séances autour de l'électricité	49
• Séance n°5 : Allumer l'ampoule à distance	49
• Séance n°6 : L'interrupteur	51
2. Autour des phases de réalisation et d'exploitation	53
3. Synthèse des résultats	54
Conclusion-Discussion	55
Annexes	59
Annexe 1 : Trace écrite séance n°1	59
Annexe 2 : Trace écrite séance n°4	61
Annexe 3 : Trace écrite séance n°5	63
Annexe 4 : Trace écrite séance n°6	65
Bibliographie	67
Sitographie	68

Introduction

Ce mémoire a pour thème la démarche expérimentale en sciences et l'autonomie des élèves à l'école élémentaire. Ce travail vise à comprendre ce qu'est une démarche expérimentale et si elle constitue un moyen de développer l'autonomie chez les élèves. Il s'agit donc de voir si la mise en place d'une telle démarche au sein des séances de découverte du monde du vivant, de la matière et des objets, permet à l'élève d'acquérir des capacités d'autonomie dans son travail et si tel est le cas, de voir selon quelles conditions. Pour cela, il est nécessaire de réaliser, d'observer et d'analyser des séances de découverte du monde au sein d'une classe. Il est important de s'attarder sur les caractéristiques des séances de façon à dégager, si possible, des conditions pour améliorer cette acquisition de capacités d'autonomie par les élèves.

La collecte de données à analyser nécessaire pour réaliser ce travail de recherche s'est effectuée dans une classe à double niveau. En effet, étant professeur des écoles stagiaire en école primaire, j'effectue mon stage en responsabilité à l'école élémentaire Elie Duffort de Mirande. Je suis chargée à mi-temps d'une classe de CP-CE1 composée de 24 élèves au total dont 13 CP et 11 CE1. Le niveau dans la classe est très hétérogène dans chacun des groupes. Plus précisément, lorsque l'on parle du « niveau des élèves », il s'agit essentiellement de leurs compétences, connaissances et aptitudes développées tout au long de l'année scolaire. Celles-ci sont évaluées selon le Socle Commun des Connaissances et des Compétences ainsi que les programmes officiels élaborés par l'Education Nationale. Dans la classe, certains élèves nécessitent d'être relancés régulièrement et ont besoin de beaucoup d'aide pour réussir à s'investir et s'appropriier le travail demandé, tandis qu'un petit noyau de 8 élèves sait travailler seul et n'a pas particulièrement de difficulté de compréhension.

L'enseignement de la découverte du monde du vivant, de la matière et des objets m'est attribué à hauteur d'une heure par semaine. L'autre partie associée à la découverte du monde, à savoir l'espace et le temps, est enseignée par ma collègue qui complète mon mi-temps en début de semaine et qui s'occupe des enseignements ce que je ne fais pas. Les élèves ont donc deux heures hebdomadaires de découverte du monde, conformément aux programmes de l'Education Nationale. Lorsque les séquences s'y prêtent, les élèves travaillent par groupes de 4 et sont mis en situation d'investigation comme préconisé par les

programmes. De cette façon, une compétence du Socle Commun des Connaissances et des Compétences est travaillée régulièrement, à savoir « observer et décrire pour mener des investigations ». De plus, les groupes sont constitués de telle sorte que des élèves moteurs soient avec des élèves plus en difficulté afin de créer du tutorat et de l'émulation. En effet, parmi le noyau de 8 élèves, la plupart ont déjà des connaissances ou du moins un embryon de connaissances sur le monde du vivant et de la matière tandis que le reste de la classe n'a pas énormément de notions acquises et éprouve des difficultés à entrer dans ces apprentissages. De ce fait, avoir un élève appartenant au noyau d'élèves moteurs, dans chaque groupe permet de débloquent des situations et favorise également le partage du savoir que tous n'ont pas encore acquis. Parallèlement, les élèves les plus timides ont davantage l'envie de s'impliquer, se sentent plus en confiance dans un petit groupe et vont vouloir progresser afin d'apporter leurs idées aux camarades. D'un autre côté, une telle disposition de travail nécessite que les élèves arrivent à se prendre en charge, soient impliqués dans leur travail et autonomes afin d'avoir une bonne dynamique. En effet, le rôle de l'enseignant est de passer dans chaque groupe pour leur apporter une aide mais il ne peut pas voir tout le monde en même temps. Ce qui explique que les équipes vont se retrouver à un moment ou un autre en autonomie. Par conséquent, l'autonomie et le travail d'investigation en groupe semblent liés.

Le point de départ de ce travail est la démarche expérimentale visant la notion d'évaporation de l'eau. En effet, lors de cette séance, je suis partie d'une situation déclenchante mettant en jeu les flaques d'eau dans la cour de récréation qui ne sont plus visibles le lendemain. Après énonciation du problème « *Où a pu passer l'eau des flaques ?* », une émission d'hypothèses a été menée en collectif. Les élèves ont ensuite été mis en situation de recherche par groupes et devaient, à l'aide du matériel présenté devant eux, essayer de proposer une expérience afin de vérifier la validité ou l'invalidité de leurs hypothèses. Le but final étant de mettre en place les expériences proposées dans la classe. Tous les élèves étaient très enthousiastes par cette activité mais l'inconvénient majeur de cette séance était qu'ils n'étaient pas assez autonomes. Ils avaient constamment besoin d'aide pour le rappel des consignes ou pour les méthodes de travail.

De cette observation se sont dégagées plusieurs questions : comment rendre les élèves plus autonomes malgré une dévolution prégnante ? Plus concrètement, lorsque l'enseignant dévolue un problème, il fait en sorte que l'élève accepte sa part de responsabilité dans la situation proposée en lui explicitant ses attendus et en mettant en place toutes les dispositions

nécessaires à sa réussite. Cependant, cela ne suffit pas toujours et il arrive que les élèves aient toujours du mal à entrer dans les apprentissages et nécessitent une présence accrue de l'enseignant. D'où la question énoncée précédemment. De plus, on peut également se demander : Existe-t-il un lien entre la démarche expérimentale et le développement de l'autonomie des élèves ?

À la suite de ça, une question, à laquelle ce travail va essayer de répondre, émane : en quoi la mise en place de démarches expérimentales peut-elle contribuer au développement de l'autonomie des élèves au niveau de leur engagement dans le travail ?

Afin d'essayer d'y répondre, les termes de démarche d'investigation, de démarche expérimentale et d'autonomie seront définis. Dans un second temps, la méthodologie de travail et les séances réalisées en classe seront détaillées. Enfin, après énonciation des différents points ciblés, une analyse critique des résultats observés sera menée et une discussion sera engagée sur les différents apports de ce travail.

I. Les sciences à l'école primaire

Le Socle Commun des Connaissances et des Compétences issus du décret du 11 juillet 2006 affirme que « l'observation, le questionnement, la manipulation et l'expérimentation sont essentiels [...] dans l'esprit de l'opération "La main à la pâte". »

Parallèlement, les programmes du Bulletin Officiel du Ministère de l'Education Nationale datant du 5 janvier 2012 soulignent que, pour le cycle des apprentissages fondamentaux, « les élèves dépassent leurs représentations initiales par l'observation et la manipulation. Ils mènent des investigations qui les amènent à décrire leurs observations et à maîtriser un vocabulaire de plus en plus précis. »

Enfin, la circulaire N°2005-067 du 15 avril 2005 issue du Bulletin Officiel N°18 informe que « conformément aux programmes, la démarche d'investigation inspire la pédagogie des sciences ».

Suite à ces différents textes officiels, il est donc nécessaire de synthétiser tout d'abord ce qui est écrit autour de la démarche d'investigation afin d'en avoir une idée plus précise.

1. La démarche d'investigation

La démarche d'investigation qui sous-tend le plan de rénovation des sciences et de la technologie à l'école s'articule sur le questionnement des élèves au sujet du monde et la réalisation d'investigations, afin d'aboutir à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire. Cette investigation met en œuvre des démarches d'expérimentation et/ou des recherches documentaires¹.

Les programmes du Ministère de l'Éducation Nationale de 2007 présentent la démarche d'investigation à travers sept moments. Ces derniers vont être explicités de manière synthétique grâce aux apports didactiques dont j'ai pu bénéficier durant mes deux années de formation à l'École Supérieure du Professorat et de l'Éducation. Tout d'abord, le choix d'une situation de départ, appelée situation-problème, est fait par l'enseignant en fonction des objectifs relatifs aux programmes. Il s'agit d'une situation concrète dans laquelle l'élève peut s'engager mais pour laquelle ses connaissances sont insuffisantes afin de résoudre entièrement le problème. Cependant, l'obstacle auquel il va être confronté ne doit pas être trop éloigné de ses possibilités et tout est mis en œuvre pour que l'élève arrive à le franchir seul afin de constituer une nouvelle connaissance.² S'en suit l'appropriation du problème et la formulation du questionnement. Cette seconde phase permet l'émergence des conceptions initiales et de plusieurs questions sur le problème à résoudre. Ensuite, il y a l'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser. Les élèves coopèrent avec leur groupe afin d'élaborer des protocoles destinés à valider ou non les hypothèses énoncées précédemment en fonction du problème posé. Puis, ils les communiquent oralement au reste de la classe. La réflexion qui suit et qui a pour objectif de résoudre le problème, est conduite par un débat au sein de chaque groupe. Les élèves doivent se mettre d'accord au sujet de la mise en œuvre de l'expérience, de l'exploitation des résultats, des observations... À la suite de cela, chaque groupe confronte ses résultats et un échange argumenté est alors mis en place. Enfin, une des dernières phrases consiste à acquérir et à structurer les connaissances. Les élèves vont alors, avec l'enseignant, mettre en évidence les nouveaux éléments de savoir et se confronter avec le savoir établi. Pour finir,

¹ Note de service N°2000-078 du 8 juin 2000, MEN

² Astolfi Jean-Pierre, Darot Éliane, Ginsburger-Vogel Yvette, Toussaint Jacques, « Chapitre 14. Problème et situation-problème », *Mots-clés de la didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, «Pratiques pédagogiques », 2008. URL : www.cairn.info/mots-cles-de-la-didactique-des-sciences--9782804157166-page-137.htm.

la dernière étape de la démarche d'investigation est une opérationnalisation des connaissances. L'enseignant aide les élèves et formule avec eux les connaissances nouvelles acquises en fin de séquence afin de réaliser des productions destinées à la communication du résultat.

Pour élaborer mon étude, la phase d'investigation menée par les élèves était essentiellement basée sur l'expérimentation directe. Les élèves faisaient alors ce que l'on appelle des démarches expérimentales.

2. La démarche expérimentale

Mon travail étant axé sur la phase expérimentale de la démarche d'investigation, il est nécessaire de préciser ce qu'est une démarche expérimentale. C'est pourquoi elle sera, dans une première sous-partie, définie sous un aspect épistémologique. Puis, dans une seconde sous-partie, elle sera abordée du point de vue des textes officiels. La vision d'auteurs comme Astolfi et Vygotski autour de cette démarche sera également explicitée en suivant. Enfin, dans une dernière sous-partie, elle sera précisée au niveau des élèves dans une pratique de classe.

a) Épistémologie

La démarche expérimentale n'est pas la seule démarche dite « scientifique ». En effet, les expériences qu'elle sous-tend ne sont pas toujours faisables car certains objets sont inaccessibles (les étoiles par exemple) ou peuvent être difficiles et dangereux à manipuler. En conséquence, les observations, les instruments ou enregistrements, les modèles et les simulations sont alors employés. Ces démarches sont également appelées des démarches scientifiques. D'après André GIORDAN, une démarche scientifique consiste à « *faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les confronter à des hypothèses, de pouvoir maîtriser la démarche pour éventuellement la reproduire et de pouvoir discuter tous les résultats* »³. Ainsi, elle fait constamment appel au raisonnement qui s'appuie sur des lois, des faits expérimentaux, des propriétés... De plus, les scientifiques cherchent, observent, tentent de relier plusieurs informations entre elles afin d'aboutir à des concepts et des lois

³ GIORDAN André, Une didactique pour les sciences expérimentales, Belin, Paris, 1999 p.48.

qui modélisent le monde⁴. En définitive, une démarche scientifique peut intégrer une démarche expérimentale mais ce n'est pas obligatoire.

En sciences, lorsqu'on parle de démarche expérimentale, il y a en permanence trois moments forts assez difficiles à séparer (André GIORDAN⁵) : une question, une hypothèse et une argumentation qui s'appuie autour d'une expérimentation. L'objectif premier d'une telle démarche scientifique est d'essayer de répondre à une question. Cette dernière émane lorsque l'individu constate un décalage entre ce qu'il perçoit du réel et l'idée qu'il s'en faisait. Il va alors « mettre en attente » ses affirmations le temps de pouvoir ou non les vérifier. C'est ce que l'on appelle des hypothèses qu'il faut confirmer par des expériences ou des observations⁶. Ces suppositions doivent être cohérentes, explicatives et doivent permettre de travailler et de rechercher. Vient ensuite l'expérience (lors d'une démarche expérimentale) qui a pour but de savoir si l'objet étudié réagit comme le prévoyait l'hypothèse. Afin de réaliser correctement ces expériences, un protocole doit être établi autour du matériel et des différentes étapes à suivre. Lorsque les expériences sont mises en place, en fonction des résultats et de l'argumentation, de nouvelles hypothèses peuvent apparaître. Elles vont alors amener un nouveau protocole... En définitive, ces trois paramètres de la démarche expérimentale interagissent en permanence, ils ne se succèdent pas comme cela peut être le cas en classe.

En effet, en classe, la démarche expérimentale est très souvent modifiée par rapport à celle exercée par des scientifiques et adaptée au niveau des élèves de façon quelque peu erronée. La plupart du temps, les enseignants la proposent au travers d'un schéma comportant six étapes bien différenciées : les observations, les hypothèses, les expériences, les résultats, les interprétations et les conclusions. On parle alors de la démarche « OHERIC »⁶. Cette démarche est idéaliste et correspond davantage à une reconstitution par la pensée à posteriori de la démarche expérimentale. Pour mettre en place une telle démarche (ou tout autre enseignement) en classe, les professeurs des écoles se doivent de suivre les instructions officielles soumises par le Ministère de l'Éducation Nationale. Il paraît donc nécessaire de s'attarder sur la place de la démarche scientifique voire expérimentale dans ceux-ci.

⁴ DE VECCHI Gérard, CARMONA-MAGNALDI Nicole, Faire construire des savoirs, p.127

⁵ GIORDAN André, Une didactique pour les sciences expérimentales, Belin, Paris, 1999 capitolo 2 pagine 48-57

b) Les textes officiels

La démarche expérimentale est un cas particulier de la démarche d'investigation. En effet, les élèves sont amenés à passer par plusieurs étapes. Tout d'abord, ils doivent se poser des questions à propos d'un phénomène réel qui est présenté comme un problème. Puis, ils formulent une hypothèse pour l'expliquer et en déduisent, si possible, toutes les conséquences logiques. Enfin, ils conçoivent et mettent au point des expériences permettant de vérifier cette hypothèse et ses conséquences (MEN⁶).

Cet enseignement basé sur l'investigation et l'expérimentation se situe dans le prolongement du programme « La main à la pâte », né en 1996, qui avait pour but de rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire. Georges Charpak, avec l'aide de l'Académie des Sciences en est l'initiateur. Selon les acteurs de ce programme, d'après *La main à la pâte, les sciences à l'école primaire* : « on apprend par l'action, en s'impliquant ; on apprend progressivement en se trompant ; on apprend en interagissant avec ses pairs et avec de plus experts, en exposant son point de vue, en le confrontant à d'autres points de vue et aux résultats expérimentaux pour en tester la pertinence et la validité ». ⁷

D'un autre côté, du point de vue des programmes de L'Education Nationale que tout professeur se doit de suivre, cet enseignement renvoie également au Socle commun des connaissances et des compétences relatif au décret du 11 juillet 2006. Ce dernier constitue une référence commune pour tous les élèves. Il s'organise en sept compétences dont la culture scientifique et technologique. Les capacités, relatives à cette dernière, sont principalement : « L'élève doit être capable de pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire) ; de manipuler et d'expérimenter en éprouvant la résistance du réel (participation à la conception d'un protocole et le mettre en œuvre, développer des habiletés manuelles, percevoir la différence entre réalité et simulation) ». La capacité principale en culture scientifique et technologique est donc de savoir résoudre un problème. Ces attendus

⁶ Ministère de l'Éducation Nationale. Éduscol, informer et accompagner les professionnels de l'éducation [en ligne]. 23 mars 2001, 13 septembre 2009 [consulté le 18.02.16]. Disponible sur le Web : <http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0du-questionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>

⁷ CHARPAK, Georges. *La main à la pâte*. Flammarion, 1996.

sont conformes à la définition épistémologique d'une démarche scientifique élaborée précédemment. De plus, lors de la description des différentes étapes de la démarche dans les programmes, il est bien stipulé qu'elles ne doivent pas nécessairement se suivre. Pour être en accord avec les démarches scientifiques, il ne faut en aucun cas se restreindre à un schéma linéaire, sinon nous ne pourrions pas parler d'une telle démarche.

En parallèle, la capacité que doit acquérir un élève au niveau de la résolution d'un problème est également explicitée dans une autre compétence du Socle Commun : « L'autonomie et l'initiative ». En effet, « les principales capacités attendues d'un élève autonome sont : être capable de raisonner avec rigueur et donc savoir identifier un problème et mettre au point une démarche de résolution, mettre à l'essai plusieurs pistes de résolution ... ». L'autonomie et la démarche scientifique semblent donc aller de pair. Cette relation est soutenue par la description du Socle commun puisqu'il est spécifié que « chaque compétence qui le constitue requiert la contribution de plusieurs disciplines et, réciproquement, une discipline contribue à l'acquisition de plusieurs compétences. » Autrement dit, les instructions officielles semblent donner un poids important à la construction de l'autonomie chez les élèves, et une des voies possibles pour cela se trouve notamment dans l'apprentissage des sciences. Regardons maintenant la vision d'un tel apprentissage du côté des auteurs comme Astolfi et Vygotski.

c) La vision d'Astolfi et Vygotski

D'après Jean-Pierre ASTOLFI, *faire des expériences* relève d'opérations accessibles dès l'école primaire et provoque un enthousiasme chez les élèves car elles prennent appui sur leurs besoins naturels d'agir et de manipuler⁸. Ils sont alors probablement davantage investis dans la tâche demandée et auront tendance à s'impliquer dans un travail qui est souvent différent des autres disciplines du point de vue de sa mise en place particulière. Ainsi, la démarche expérimentale fournit de bonnes occasions pour développer une réflexion à partir de ces actions et manipulations. Elle permet également aux élèves d'effectuer toutes sortes d'allers-retours entre la perception et la compréhension, actions souvent très complexes chez des enfants⁹. En effet, lors d'un enseignement en sciences, il y a la formation de l'esprit scientifique : les élèves sont amenés à déduire, à raisonner logiquement, à inventer

⁸ Jean-Pierre ASTOLFI et al, Comment les enfants apprennent les sciences ?, Retz, 1998. p. 99-100

⁹ Jean-Pierre ASTOLFI et al, Comment les enfants apprennent les sciences ?, Retz, 1998. p. 100-101

des hypothèses et à formuler des problèmes. Mais lors de tels enseignements, il y a également le développement de compétences techniques et de rapports aux objets, instruments et au monde vivant. Les élèves vont alors apprendre petit à petit à être rigoureux au niveau de l'adaptation entre les outils et les situations.

De plus, il est intéressant d'envisager les pratiques expérimentales comme des moments permettant de stimuler intellectuellement les élèves dans leur zone proximale de développement. Cette dernière est qualifiée par Vygotski comme une « *zone qui dépasse leurs possibilités conceptuelles du moment mais qui est quand même accessible grâce à la médiation de l'enseignant, du groupe et des activités* »¹⁰. En effet, l'enseignant mettra en place des situations-problèmes autour de faits réels qui mettront l'élève en situation de recherche et pour lesquelles ses connaissances sont, sur le moment, insuffisantes pour les résoudre entièrement. De cette façon, pour une mise en place efficace d'une démarche expérimentale, il convient au professeur d'élaborer des situations adaptées au niveau de développement des élèves.

d) Pratique de classe avec les élèves

Concernant les élèves, la mise en place de telles démarches expérimentales en classe permet de développer de nombreuses capacités et compétences du point de vue des attitudes ou des démarches. Par exemple, cela va éveiller leur curiosité et développer leur propre confiance car ils construisent le savoir par eux-mêmes, imaginent et « créent » eux-mêmes les expériences permettant de résoudre un problème. Cette manière de faire d'apprendre les sciences conduit les élèves à se situer dans des conditions favorables à l'apprentissage, telles que les définissent les théories de l'apprentissage développées par Piaget et Vygotski.

Parallèlement, ces démarches qui se font souvent en groupe, permettent aux élèves d'apprendre à travailler en équipe, de communiquer et savoir vivre en collectivité. Elles aident aussi à savoir argumenter, lire les résultats d'une expérience, formuler des hypothèses et la mettre en relation les résultats obtenus. Toutes ces capacités et compétences sont inscrites dans les textes officiels de l'Éducation Nationale (Bulletin Officiel de 2012, Socle Commun des Connaissances et des Compétences) comme énoncées dans la partie I. 2) b. De plus, il a été montré précédemment que ces instructions semblaient donner du poids à la construction de l'autonomie chez les élèves, et notamment à travers l'apprentissage des

¹⁰ Vygotski, Lev. Pensée et langage. Paris : éditions sociales, 1985

sciences. Pour savoir en quoi ce dernier peut développer de l'autonomie chez les élèves mais également ce qu'il apporte précisément en matière d'autonomie, il nous faut en savoir un peu plus sur celle-ci.

3. L'autonomie

a) Définitions

L'autonomie s'observe et se constate au travers des actions entreprises. On dit qu'un élève est autonome lorsqu'il sait organiser ses savoirs en se situant de façon spatio-temporelle dans la classe mais aussi lorsqu'il arrive à prendre des décisions en faisant des choix dans ses idées ou son comportement et enfin, quand il permet à son savoir d'être en évolution c'est-à-dire quand l'élève construit sa propre démarche d'apprentissage (MEN¹¹). De plus, l'autonomie est une finalité éducative et permet à l'enfant de se préparer à être un adulte responsable. Elle repose sur trois éléments fondamentaux : la transparence, tout doit être dit à l'élève ; l'objectivation en s'appuyant sur un ensemble de savoirs, de règles ; et la transmission, c'est-à-dire que l'élève doit pouvoir se reporter à des éléments visibles comme les affichages en classe (Bernard LAHIRE¹²).

Une des responsabilités de l'enseignant consiste à former ses élèves à l'autonomie du côté de la gestion de leur travail scolaire. En effet, il doit leur apprendre à s'organiser, à trouver des méthodes de plus en plus efficaces pour apprendre correctement leur leçon, à évaluer les résultats atteints et à s'adapter en fonction de ceux-ci. Afin de former correctement les élèves à l'autonomie, l'enseignant doit tout d'abord connaître le niveau de développement de chacun afin d'adapter correctement les apprentissages. En effet, selon Vygotski¹³ il existe un rapport logique entre le développement et l'apprentissage : ce dernier précède le développement de l'individu. D'après ce psychologue, un sujet peut apprendre de nouveaux éléments et bénéficier de fonctions psychiques légèrement supérieures à son niveau de développement atteint à condition de lui dispenser des aides didactiques

¹¹ Ministère de l'Éducation Nationale. « *L'autonomie et le travail personnel des élèves* » - *Disciplines scientifiques en lycée*

¹² LAHIRE, Bernard. La construction de l'« autonomie » à l'école primaire : entre savoirs et pouvoirs. *Revue Française de Pédagogie*. 2001, n° 134, p. 151-161. URL : http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP_RF135_22.pdf

¹³ Vygotski, Lev. *Pensée et langage*. Paris : éditions sociales, 1985

nécessaires. En conséquence, le travail de l'enseignant est de proposer des apprentissages accessibles mais supérieurs à ce que les élèves savent déjà. De cette façon, ils ne pourront tout d'abord avancer au-dessus de leurs possibilités qu'avec un étayage, puis, ils parviendront à l'autonomie dans l'utilisation de ces nouvelles fonctions si l'enseignant procède progressivement à un « désétayage » (Philippe MEIRIEU)¹⁴.

De plus, il est intéressant de se demander qu'est-ce qu'un comportement autonome ? On attend d'un élève autonome des comportements, que l'on peut nommer et décrire précisément dans chaque moment de la vie de la classe (Philippe MEIRIEU¹⁵). Par exemple, être autonome c'est être capable de :

- lire et comprendre des consignes ;
- organiser un travail de groupe en fonction des objectifs visés, prendre les moyens pour y parvenir et évaluer le résultat ;
- organiser son travail, réunir tous les instruments nécessaires, préparer sa table de travail ;
- surmonter une difficulté en revenant en arrière, cherchant le renseignement au bon endroit, consultant un document ou un dictionnaire ;
- analyser un échec, chercher pourquoi telle ou telle méthode n'a pas été efficace et mettre en place de nouveaux moyens ;
- écouter pour se confronter à l'autre ;
- prendre la parole, être compris et convainquant ;
- se déplacer dans la classe, chercher un renseignement ou un document sans avoir à demander mais sans déranger le travail de ses camarades...

b) Les textes officiels

Du point de vue du Socle Commun des Connaissances et des Compétences¹⁶, une compétence est centrée sur l'autonomie et l'initiative des élèves. Concernant l'autonomie, elle est caractérisée en deux parties : les capacités attendues et les attitudes. Ainsi, pour la première, « l'élève doit être capable de :

¹⁴ <http://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/autonomie.htm>

¹⁵ <http://www.meirieu.com/CLASSEAUQUOTIDIEN/formationautonomie.htm>

¹⁶ MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. Le socle commun des connaissances et des compétences, Décret du 11 juillet 2006.

- s'appuyer sur des méthodes de travail ;
- savoir respecter des consignes ;
- être capable de raisonner avec logique et rigueur et donc de savoir :
 - identifier un problème et mettre au point une démarche de résolution ;
 - rechercher l'information utile, l'analyser, la trier, la hiérarchiser, l'organiser, la synthétiser ;
 - mettre en relation les acquis dans différentes disciplines et les mobiliser dans des situations variées ;
 - identifier, expliciter, rectifier une erreur ;
 - mettre à l'essai plusieurs pistes de solution [...] »

Du côté des attitudes d'un élève autonome, il est précisé que « chacun doit avoir :

- la volonté de se prendre en charge personnellement ;
- d'exploiter ses facultés intellectuelles et physiques ;
- conscience de la nécessité de s'impliquer, de rechercher des occasions d'apprendre [...] »

D'un autre côté, d'après Daniel PANTEIX, inspecteur de l'Education Nationale, un comportement autonome est un résultat d'une démarche. Au départ il y a une idée du désir du passage à l'acte. Ensuite se mettent en place, mentalement, des propositions de stratégies. Il y a choix, puis vient le passage à l'acte (ou au non acte), suite à cette analyse préalable. S'il y a eu passage à l'acte, il sera réussi ou non. La réussite ou l'échec de l'action entreprise permettra à l'enfant de réajuster plus tard sa démarche. On est là dans l'apprentissage de l'autonomie.¹⁷ La multiplication de situations réussies répondant à cette démarche permet de parler d'autonomie. Une observation fine de l'élève effectuant cette démarche permettra donc de comprendre quel est le point qui empêche la réussite.

c) Autonomie et démarche expérimentale

¹⁷ Lettre pédagogique de l'IEN, n°9 du 05 Janvier 2011. URL : http://pedagogie.ac-toulouse.fr/ien82-moissac/IMG/pdf/lettre_pedagogique_no9.pdf [consultée le 12.03.16]

Si nous rapprochons les capacités et attitudes relatives à l'autonomie et la démarche expérimentale explicitée précédemment, nous pouvons constater qu'elles sont intimement liées. En effet, lors d'une démarche expérimentale, les élèves doivent identifier un problème autour d'un questionnement scientifique. Ils devront ensuite essayer de trouver, en groupe le plus souvent, une démarche permettant de résoudre ce problème et devront mettre à l'essai plusieurs pistes de solution. À la suite de cela, selon les résultats observés, les élèves vont analyser les erreurs et rechercher des informations si besoin. Toutes ces étapes de la démarche expérimentale se retrouvent dans les attendus quant à la formation de l'autonomie chez les élèves.

Parallèlement, lors de ces séances de sciences expérimentales, les élèves vont être amenés à s'exprimer devant leurs camarades, à justifier leur point de vue, à argumenter mais aussi à écouter les autres groupes afin de débattre avec eux. Ils devront également être capables, au sein de chaque groupe, de s'organiser afin de répondre aux objectifs attendus et explicités. L'enseignant circule entre chaque groupe mais ne peut pas tous les renseigner en même temps, il leur faudra alors apprendre à aller chercher des informations ailleurs sans demander l'aide de l'adulte. Toutes ces attitudes sont conformes à des comportements autonomes.

En définitive, une démarche expérimentale semble être appropriée pour développer l'autonomie chez les élèves étant donné qu'ils sont mis en situation de recherche et sont directement confrontés au savoir car ils le construisent eux-mêmes. C'est pourquoi, il est intéressant de se demander en quoi la mise en place de démarches expérimentales, au sein d'une classe de CP/CE1, peut-elle contribuer au développement d'un comportement autonome chez les élèves ? Les expérimentations suivantes ont été élaborées dans l'objectif d'essayer de répondre à cette question.

II. Méthodologie

1. Le choix des situations

Les premières références à prendre en considération avant d'élaborer toutes sortes de situations d'apprentissage sont les programmes du Bulletin Officiel de 2008 et les progressions du Bulletin Officiel de 2012, encore en vigueur cette année scolaire. Pour une

classe de CP-CE1, les sciences sont connotées sous le terme « Découverte du monde ». Plus précisément, il s'agira dans ce travail de recherche de se focaliser sur le paragraphe « Découvrir le monde de la matière et des objets » du bulletin officiel de 2012. Dans cette partie, plusieurs thèmes doivent être abordés tout au long de l'année : les solides et liquides, les changements d'états de la matière (solidification et fusion de l'eau, états solide et liquide) et les maquettes élémentaires et circuits électriques simples (utiliser des objets techniques, réaliser des maquettes avec des suspensions, pivots, poulie... et réaliser des circuits électriques en utilisant des ampoules).

D'un autre côté, la démarche expérimentale est le thème principal du mémoire. En conséquence, il s'agit de choisir des situations propices à cet enseignement.

Afin d'aider à ce choix, je me suis inspirée du manuel *J'apprends les Sciences par l'expérience* de Gratian et al. (2005). En effet, pour chaque thème abordé, le guide pédagogique ainsi que le manuel proposent des expériences à mettre en place. Chaque situation a été adaptée à la classe. Au total, six séances ont été choisies et permettent d'élaborer le travail de recherche. Trois premières basées sur l'eau avec notamment la solidification de l'eau, la fusion de l'eau et le fonctionnement d'un thermomètre ; et trois autres porteront sur la réalisation de circuits électriques.

2. La mise en place des séances

L'objectif du travail de recherche étant d'analyser si la démarche expérimentale est une occasion de favoriser le développement de l'autonomie chez les élèves, il est intéressant de mettre en place les séances sur une période suffisamment longue. Les trois premières ont été étalées sur trois semaines à hauteur d'une séance par semaine. Ensuite, il n'y a pas eu de séance de découverte du monde utilisant la démarche expérimentale durant trois semaines, puis les trois autres séances ont été mises en place de nouveau sur trois semaines. La pause entre les deux blocs de séances permet d'éviter les situations d'automatisation des élèves qui pourraient fausser l'analyse du développement de l'autonomie. En effet, l'acquisition de routines entraîne des automatismes et ces derniers sont par définition, d'après le dictionnaire Larousse¹⁸, des « actes accomplis mécaniquement, sans intervention de la volonté ». De ce fait, si les élèves accomplissent des tâches par automatisme, ce comportement va à l'encontre

¹⁸ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/automatisme/6755?q=automatisme#6727> [consulté le 10/05/16]

3. Le détail des séances

Dans ce qui suit, les différentes séances mises en place sont détaillées. Il est préconisé, selon l'âge des élèves, de faire des séances de 45 minutes pour qu'elles soient optimales. C'est pourquoi, les séances conçues ont été séparées à chaque fois en deux moments dans la même journée : la moitié le matin, l'autre l'après-midi. Les fiches de préparation présentées ci-après constituent la trame de travail dans les différentes séances : questionnement, recherche, mise en commun, institutionnalisation des connaissances. Elles obéissent à une nécessité de structuration car en temps qu'enseignante, j'ai besoin de savoir si ce que je mets en place correspond bien aux objectifs en matière de compétences. D'un autre côté, ces fiches me servent de repères mais rien n'empêche que la situation de classe varie car la pratique d'investigation des élèves obéit à une autre logique que celle à laquelle j'ai été soumise quand j'ai planifié mon action. En effet, comme énoncées dans la partie I. 2) a), les différentes étapes de la démarche expérimentale ne se suivent pas nécessairement de manière séquentielle comme cela peut l'être indiqué dans la fiche de préparation.

a) Séance n°1 : Le thermomètre

Niveau : CP/CE1 Séance n°1 / 3	Titre de la séance : <u>Le thermomètre</u>	Domaine : <i>Découverte du monde</i>
Compétences BO 2012 : CP/CE1 : Utiliser des thermomètres pour mesurer la température de l'eau placée dans diverses conditions.		
Socle commun : - Compétence 1 : comprendre un énoncé ou une consigne ; prendre part à un dialogue, un débat ; rendre compte d'un travail collectif. - Compétence 3 : pratiquer une démarche scientifique ; manipuler et expérimenter en éprouvant la résistance du réel ; exprimer et exploiter les résultats d'une mesure. - Compétence 7 : s'appuyer sur des méthodes de travail ; savoir respecter des consignes ; raisonner avec logique et rigueur.		
Compétence spécifique : Identifier le fonctionnement d'un thermomètre à liquide et l'utiliser.		

Objectifs de la séance : - Mesurer la température de l'eau avec un thermomètre à liquide ; - Acquérir du vocabulaire spécifique au thermomètre : dilatation, graduation, réservoir, degrés Celsius ; - Identifier que la température est indiquée à partir du liquide qui se dilate plus ou moins.				
Prérequis : être capable de lire une ligne graduée.				
Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel
Mise en route	5 min	« Dans la classe de CLIS j'ai vu qu'il y avait un thermomètre, à quoi cela peut-il servir ? » <u>Réponse attendue</u> : Un thermomètre sert à mesurer une température.	Collectif / Oral	/
Questionnement	5 min	- « <i>Un thermomètre sert bien à mesurer une température, mais comment ça fonctionne ? Pour essayer de répondre à cette question, vous allez travailler par groupe.</i> » Les élèves se mettent par groupe de 4 prédéfinis. - « <i>Dans chaque groupe, vous devez vous mettre d'accord sur ce que vous pensez sur le fonctionnement d'un thermomètre et vous devez chercher comment vérifier si cette hypothèse est bonne ou pas. Pour cela, je vous donne une fiche de recherche sur laquelle vous pourrez écrire vos idées et dessiner la ou les expériences que vous allez mettre en place. Vous avez à votre disposition tout ce matériel.</i> »	Collectif / Oral	- 6 thermomètres à liquide - gobelets : d'eau froide (10°C), d'eau tiède (20°C) et d'eau chaude (35°C) - fiches de recherche
Recherche	30 min	- Les élèves discutent et réfléchissent à une réponse possible. - Ils cherchent ensuite comment vérifier si cette réponse est bonne ou pas. - Les attentes de l'enseignant sont :	Groupes de 4 élèves / Oral et Écrit	Idem phase précédente

		<ul style="list-style-type: none"> * d'émettre des hypothèses possibles à vérifier en classe ; * trouver une expérience qui permette de vérifier la validité de l'hypothèse choisie ; * adapter l'hypothèse en fonction des résultats ou l'expérience et/ou inversement. <p>- L'enseignant passe entre chaque groupe.</p>		
Mise en commun	15 min	<p>- Chaque groupe explique au reste de la classe son hypothèse et la ou les expériences mises en place.</p> <p><u>Réponses attendues</u> : * le thermomètre indique la température de l'eau que si le bas / le réservoir est dans l'eau ;</p> <ul style="list-style-type: none"> * on place le thermomètre dans les différents gobelets et on observe le liquide à l'intérieur ; * le liquide du thermomètre descend vite lorsque l'eau est froide. Il remonte doucement lorsque l'eau est tiède, il monte vite lorsque l'eau est chaude. <p>- Discussion et argumentation entre chaque groupe : le thermomètre doit être mis dans une certaine position pour pouvoir mesurer la température de l'eau ; c'est le liquide qui indique la température à l'aide des petits traits.</p> <p>- L'enseignant reformule les dires des élèves et note au tableau les différentes réponses.</p>	Collectif / Oral	Fiches de recherche

<p>Synthèse</p>	<p>15 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves résument ce qui vient d'être dit. - L'enseignant apporte le vocabulaire spécifique : « <i>Les petits traits sur le thermomètre sont appelés des graduations, le liquide qui se trouve à l'intérieur du thermomètre monte ou descend selon la température de l'eau. Lorsqu'il monte on dit qu'il se dilate. La température, en degrés Celsius correspond à la graduation à laquelle le liquide qui est à l'intérieur du thermomètre est arrivé.</i> » - Faire un dessin au tableau avec un exemple pour vérifier la compréhension. 	<p>Collectif / Oral</p>	<p>/</p>
<p>Trace écrite</p>	<p>5 min</p>	<p>La fiche « Le thermomètre » est lue collectivement et complétée. (Annexe 1 page 59)</p>	<p>Individuel / Ecrit</p>	<p>Fiche « Le thermomètre »</p>

b) Séance n°2 : La fusion

Niveau : CP/CE1 Séance n° 2 / 3	Titre de la séance : <u>La fusion</u>	Domaine : <i>Découverte du monde</i>
Compétences BO 2012 :		
CP : - Observer la fusion et la solidification de l'eau ; - Savoir que l'eau, sous forme liquide et sous forme de glace est une même substance ; - Utiliser des thermomètres pour mesurer la température de l'eau placée dans diverses conditions.		
CE1 : - Identifier les facteurs de fusion et de solidification de l'eau ; - Savoir que certaines substances peuvent passer de l'état solide à l'état liquide et inversement		
Socle commun :		
- Compétence 1 : comprendre un énoncé ou une consigne ; prendre part à un dialogue, un débat ; rendre compte d'un travail collectif.		
- Compétence 3 : pratiquer une démarche scientifique ; manipuler et expérimenter en éprouvant la résistance du réel ; exprimer et exploiter les résultats d'une mesure.		
- Compétence 7 : s'appuyer sur des méthodes de travail ; savoir respecter des consignes ; raisonner avec logique et rigueur.		
Compétence spécifique : Identifier la température de fusion de l'eau en utilisant des thermomètres.		
Objectifs de la séance : - Mettre en évidence le fait que la fusion a lieu à 0°C ; - Utiliser des thermomètres pour identifier un facteur de fusion ; - Mettre en place un dispositif expérimental autour de la fusion de l'eau.		
Prérequis : distinguer des corps solides et des corps liquides		

Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel
Mise en route	5 min	<p>- Rappel de la séance précédente : « <i>La semaine dernière, vous avez appris à lire des thermomètres. Qui me rappelle comment on fait ?</i> »</p> <p>- Présentation du gobelet avec des glaçons à l'intérieur et du gobelet avec l'eau liquide : « <i>Par rapport à ce que vous savez déjà, à quel type de corps appartient ces deux choses ?</i> »</p> <p><u>Réponse attendue</u> : le glaçon c'est un corps solide, l'eau c'est un corps liquide</p>	Collectif / Oral	<p>- 6 gobelets avec glaçons</p> <p>- 6 gobelets avec eau liquide à température ambiante</p> <p>- 6 thermomètres</p>
Questionnement	5 min	<p>- « <i>À votre avis, à quelle température le glaçon fond-il ? Pour essayer de répondre à cette question, vous allez travailler par groupe.</i> »</p> <p>Les élèves se mettent par groupe de 4 prédéfinis.</p> <p>- « <i>Dans chaque groupe, vous devez vous mettre d'accord sur ce que vous pensez et vous devez chercher comment vérifier si cette hypothèse est bonne ou pas. Pour cela, je vous donne une fiche de recherche sur laquelle vous pourrez écrire vos idées et dessiner l'expérience que vous allez mettre en place. Vous avez à votre disposition tout ce matériel.</i> »</p> <p>L'enseignant montre le matériel.</p> <p>- « <i>Qui peut réexpliquer à la classe ce qu'il faut faire ?</i> »</p> <p>Les élèves reformulent.</p>	Collectif / Oral	<p>- 6 gobelets avec glaçons</p> <p>- 6 gobelets avec eau liquide à température ambiante</p> <p>- 6 thermomètres</p> <p>- sopalin</p> <p>- film plastique</p> <p>- sel</p>

Recherche	30 min	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves discutent et réfléchissent à une réponse possible. - Ils cherchent ensuite comment vérifier si cette réponse est bonne ou pas. - Les attentes de l'enseignant sont toujours les mêmes. - L'enseignant passe entre chaque groupe. 	Groupes de 4 élèves / Oral et Écrit	Idem phase précédente + Fiches de recherche
Mise en commun	15 min	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe explique au reste de la classe son hypothèse et la ou les expériences mises en place. - Discussion et argumentation entre chaque groupe. - Consensus général sur une réponse : Les glaçons fondent autour de 0°C. - L'enseignant reformule les dires des élèves et note au tableau les différentes réponses. 	Collectif / Oral	Fiches de recherche
Synthèse	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Demander à plusieurs élèves de résumer ce que l'on a constaté. - L'enseignant reformule : « <i>Afin de voir à quelle température un glaçon fond, on peut imaginer une expérience. On prend un gobelet avec des glaçons à l'intérieur. On y met un thermomètre et on relève la température au fil du temps. On observe que lorsque le glaçon commence à fondre, la température est autour de 0°C. Elle reste à cette température jusqu'à que l'eau soit complètement liquide. Le passage de l'état solide de l'eau à l'état liquide s'appelle la fusion.</i> » 	Collectif / Oral	/
Trace écrite	5 min	Les élèves notent la synthèse énoncée précédemment sur leur cahier d'expériences.	Individuel / Écrit	Cahiers d'expériences

c) Séance n°3 : La solidification

<p>Niveau : CP/CE1 Séance n° 3 / 3</p>	<p>Titre de la séance : <u>La solidification</u></p>	<p>Domaine : <i>Découverte du monde</i></p>
<p>Compétences BO 2012 :</p> <p>CP : - Observer la fusion et la solidification de l'eau ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que l'eau, sous forme liquide et sous forme de glace est une même substance ; - Utiliser des thermomètres pour mesurer la température de l'eau placée dans diverses conditions. <p>CE1 : Identifier les facteurs de fusion et de solidification de l'eau.</p>		
<p>Socle commun :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compétence 1 : comprendre un énoncé ou une consigne ; prendre part à un dialogue, un débat ; rendre compte d'un travail collectif. - Compétence 3 : pratiquer une démarche scientifique ; manipuler et expérimenter en éprouvant la résistance du réel ; exprimer et exploiter les résultats d'une mesure. - Compétence 7 : s'appuyer sur des méthodes de travail ; savoir respecter des consignes ; raisonner avec logique et rigueur. 		
<p>Compétence spécifique : - Identifier la température de solidification de l'eau en utilisant des thermomètres ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier la réversibilité des changements d'états de l'eau. 		
<p>Objectifs de la séance : - Mettre en évidence le fait que la solidification a lieu à 0°C ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des thermomètres pour identifier un facteur de solidification ; - Mettre en place un dispositif expérimental autour de la solidification de l'eau. 		
<p>Prérequis : connaître l'eau sous l'état solide et sous l'état liquide</p>		

Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel
Mise en route	5 min	<p>- Rappel de la séance précédente : « <i>Qu'avez-vous fait la semaine dernière comme expérience et qu'avez-vous appris ?</i> »</p> <p><u>Réponse attendue</u> : On a fait fondre un glaçon pour savoir à quelle température cela se produisait. On a trouvé 0°C et le passage de l'état solide de l'eau à l'état liquide s'appelle la fusion.</p>	Collectif / Oral	/
Questionnement	5 min	<p>- « <i>À votre avis, est-ce que la glace que l'on a fait fondre, exactement comme la dernière fois, peut redevenir de la glace ? Et à quelle température cela pourrait-il se passer ? Pour essayer de répondre à cette question, vous allez travailler par groupe.</i> »</p> <p>Les élèves se mettent par groupe de 4 prédéfinis.</p> <p>- « <i>Comme la dernière fois, dans chaque groupe, vous devez vous mettre d'accord sur ce que vous pensez et vous devez chercher comment vérifier si cette hypothèse est bonne ou pas. Pour cela, je vous donne une fiche de recherche sur laquelle vous pourrez écrire vos idées et dessiner l'expérience que vous allez mettre en place. Vous avez à votre disposition tout ce matériel.</i> »</p> <p>L'enseignant montre le matériel.</p> <p>- « <i>Qui peut réexpliquer à la classe ce qu'il faut faire ?</i> »</p> <p>Les élèves reformulent.</p>	Collectif / Oral	<ul style="list-style-type: none"> - glaçons - 6 gobelets avec eau liquide à température ambiante - 6 thermomètres - 6 tubes à essai - sopalin - film plastique - sel - glace pilée - récipient en fer

Recherche	30 min	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves discutent et réfléchissent à une réponse possible. - Ils cherchent ensuite comment vérifier si cette réponse est bonne ou pas. - L'enseignant passe entre chaque groupe. 	Groupe de 4 élèves / Oral et Écrit	Idem que précédemment + fiches de recherche
Mise en commun	15 min	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe explique au reste de la classe son hypothèse et la ou les expériences mises en place. <p><u>Réponses attendues :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * mettre un gobelet avec de l'eau liquide dans un congélateur ; * mettre des glaçons dans un gobelet rempli d'eau liquide ; * mettre de la glace pilée au fond d'un récipient et mettre le verre plein d'eau liquide à l'intérieur. <ul style="list-style-type: none"> - Discussion et argumentation entre chaque groupe pour valider ou non certaines propositions → mettre un gobelet dans le congélateur n'est pas pratique pour relever la température de l'eau. - Consensus général : mettre des glaçons dans l'eau liquide ne permet pas de la transformer en eau solide ; l'expérience qui semble fonctionner est celle avec la glace pilée et la température est proche des 0°C. - L'enseignant reformule les dires des élèves et note au tableau les différentes réponses. 	Collectif / Oral	Fiches de recherche
Observation	20 min	- « <i>Je vais vous montrer une expérience que j'ai trouvée. Vous allez tous observer et nous allons ensuite la comparer avec les vôtres.</i> »	Collectif / Oral	- 1 tube à essai avec de l'eau liquide

		<ul style="list-style-type: none"> - L'enseignant réalise un mélange réfrigérant : glace pilée mélangée à du sel, un thermomètre est placé dedans pour voir la température descendre en dessous des -15°C. Le tube à essai rempli d'eau liquide est plongé dans le mélange réfrigérant et un autre thermomètre est placé dans l'eau liquide. - Deux élèves relèvent la température toutes les 3 minutes. - A la fin de l'expérience on peut voir que la température de l'eau liquide a diminué autour de 0°C et que des cristaux de glace se sont formés. 		<ul style="list-style-type: none"> - sel - glace pilée - récipient - 2 thermomètres
Synthèse	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Demander à plusieurs élèves de résumer ce que l'on a constaté. - L'enseignant reformule : « <i>Afin de transformer de l'eau liquide en eau solide, on doit la placer dans un endroit très froid : un congélateur ou un mélange réfrigérant. Ce changement d'état s'appelle la solidification et on constate qu'il se produit à une température légèrement inférieure à 0°C.</i> » 	Collectif / Oral	/
Trace écrite	5 min	Les élèves notent la synthèse énoncée précédemment sur leur cahier d'expériences.	Individuel / Écrit	Cahiers d'expériences

Les trois séances qui suivent sont mises en place après une pause de trois semaines. Elles sont autour de l'électricité et plus précisément elles permettent la réalisation de circuits simples composés d'une ampoule, d'une pile plate, de fils électriques et d'un interrupteur. Il s'agit du début d'une séquence dont l'objectif est de construire un petit phare. Cependant, les séances de conception ne sont pas prises en compte dans ce mémoire, c'est pourquoi elles ne seront pas détaillées. Les compétences, relatives au Bulletin Officiel de 2012, travaillées à chaque fois sont pour les CP « Réaliser une maquette ou un circuit électrique permettant d'assurer des fonctions simples (éclairer) » et pour les CE1 « Réaliser quelques circuits électriques simples utilisant des lampes ou des petits moteurs ». Concernant les compétences du Socle Commun des Connaissances et des Compétences, ce sont les mêmes que celles citées dans les trois fiches de préparation précédentes.

d) Séance n°4 : L'ampoule et la pile plate

Niveau : CP/CE1 Séance n° 1 / 3	Titre de la séance : <p style="text-align: center;"><u>L'ampoule et la pile plate</u></p>	Domaine : <i>Découverte du monde</i>
Compétence spécifique : Identifier le fonctionnement d'une ampoule avec une pile plate.		
Objectifs de la séance : <ul style="list-style-type: none"> - Observer et décrire une pile plate et une ampoule ; - Acquérir du vocabulaire spécifique à l'ampoule (culot, filament, plot, globe en verre) et à la pile plate (lamelles) ; - Allumer une ampoule avec une pile seulement ; - Émettre des hypothèses et les tester sur la façon d'allumer une ampoule. 		
Prérequis : Savoir distinguer les objets électriques de ceux qui ne le sont pas.		

Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel
Mise en route	5 min	<p>- « À votre avis, comment fonctionne une lampe de poche ? »</p> <p>Les élèves vont sûrement expliquer qu'il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir de la lampe.</p> <p>- « Savez-vous ce qu'il y a à l'intérieur ? »</p> <p><u>Réponses attendues</u> : une ampoule (ou une lampe), une batterie, une pile, de l'électricité.</p>	Collectif / Oral	Lampes de poche
Manipulation	10 min	<p>- Les faire ouvrir les lampes et demander de décrire ce qu'ils voient : ampoule, pile plate, fils.</p> <p>- Distribuer les piles plates et les ampoules (1 de chaque par groupe de 2 enfants pour manipuler d'avantage). Observer et décrire les éléments : pile plate avec lamelle, une courte + et une plus longue - ; ampoule, culot, plot, globe en verre, filament.</p>	Groupes de 4 élèves / Oral	<p>- lampes de poche</p> <p>Par groupe :</p> <p>- 1 ampoule</p> <p>- 1 pile plate</p>
Questionnement	5 min	<p>« On a vu que dans une lampe de poche il y avait une ampoule et une pile. Par groupe de 4, toujours les mêmes, vous allez chercher comment faire briller l'ampoule. Vous n'avez qu'une ampoule et qu'une pile plate. »</p>	Collectif / Oral	/
Recherche	30 min	<p>- Chaque groupe a une feuille de recherche sur laquelle les élèves écrivent leurs hypothèses et imaginent un circuit à réaliser.</p> <p>- L'enseignant passe de groupe en groupe et aide si besoin.</p>	Groupes de 4 élèves / Oral et Écrit	<p>Par groupe :</p> <p>- 1 ampoule</p> <p>- 1 pile plate</p>

Mise en commun	15 min	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe explique au reste de la classe ses hypothèses, expériences et résultats observés. - Consensus général : l'ampoule brille que lorsqu'elle est dans une position particulière. 	Collectif / Oral	Fiches de recherche
Synthèse	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves résument ce qu'ils ont appris - L'enseignant reformule : « <i>Pour allumer l'ampoule, avec une pile plate, une lamelle de la pile doit toucher le plot de l'ampoule et l'autre lamelle doit toucher le culot.</i> » 	Collectif / Oral	/
Trace écrite	5 min	La fiche est lue collectivement et complétée. (Annexe 2 page 61)	Individuel / Ecrit	Fiche « L'ampoule et la pile plate »

e) Séance n°5 : Allumer l'ampoule à distance

Niveau : CP/CE1 Séance n° 2 / 3		Titre de la séance : <u>Allumer l'ampoule à distance</u>		Domaine : Découverte du monde	
Compétence spécifique : Identifier le fonctionnement d'une ampoule avec une pile plate et des fils électriques.					
Objectifs de la séance : - Allumer une ampoule loin de la pile ; - Aborder la notion d'isolant et de conducteur à travers différents matériaux - Émettre des hypothèses et les tester sur la façon d'allumer une ampoule loin de la pile.					
Prérequis : Savoir allumer une ampoule directement avec une pile.					
Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel	
Mise en route	5 min	« <i>Qui peut rappeler ce que nous avons appris la dernière fois en électricité ?</i> » <u>Réponses attendues</u> : * l'ampoule est composée d'un culot, d'un plot, d'un filament et d'un globe en verre ; la pile est composée de deux lamelles ; * pour allumer une ampoule avec une pile, le culot de l'ampoule doit toucher une des lamelles de la pile et l'autre lamelle doit toucher le plot de l'ampoule.	Collectif / Oral	/	
Questionnement	5 min	- « <i>Vous avez réussi à allumer une ampoule en la faisant toucher d'une certaine façon une pile plate. Mais, si celle pile était loin de l'ampoule, serait-il quand même possible de la faire briller ? Vous allez chercher par groupe.</i> »	Collectif / Oral		

Recherche	30 min	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe a une feuille de recherche sur laquelle les élèves écrivent leurs hypothèses et imaginent un circuit à réaliser. - L'enseignant passe de groupe en groupe et aide si besoin. 	Groupes de 4 élèves / Oral et Écrit	<ul style="list-style-type: none"> - 6 ampoules - 6 piles plates - fils électriques, papier aluminium, papier, ficelle, carton, matériel trousse - fiches de recherche
Mise en commun	15 min	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe explique au reste de la classe ses hypothèses, expériences et résultats observés. - Consensus général : avec certains matériaux l'ampoule ne brille pas alors qu'avec d'autres si → avec du papier, carton ou de la ficelle l'ampoule ne brille pas ; avec du fil électrique, du papier aluminium, ou tout autre matériau en fer, l'ampoule brille. 	Collectif / Oral	Fiches de recherches
Synthèse	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves résument ce qu'ils ont appris - L'enseignant apporte le vocabulaire spécifique : « <i>Lorsque les matériaux utilisés permettent de faire briller l'ampoule, on dit qu'ils sont conducteurs du courant : l'électricité passe. Les autres sont dits isolants. Donc, pour allumer une ampoule loin d'une pile plate, on est obligé de relier les lamelles de la pile à l'ampoule avec des matériaux conducteurs.</i> » 	Collectif / Oral	/
Trace écrite	5 min	La fiche est lue collectivement et complétée. (Annexe 3 page 63)	Individuel / Ecrit	Fiche « Allumer l'ampoule loin de la pile »

f) Séance n°6 : L'interrupteur

Niveau : CP/CE1	Titre de la séance : <u>L'interrupteur</u>			Domaine : <i>Découverte du monde</i> Séance n° 3 / 3
Compétence spécifique : Identifier le fonctionnement d'une ampoule dans un petit circuit (pile, fils électriques, interrupteur).				
Objectifs de la séance : - Fabriquer un petit circuit ampoule-pile-fils-interrupteur ; - Acquérir du vocabulaire spécifique (interrupteur ouvert, interrupteur fermé) ; - Émettre des hypothèses et les tester sur la façon d'allumer une ampoule avec un interrupteur.				
Prérequis : Être capable de faire un circuit électrique avec une pile, une ampoule et deux fils électriques.				
Phases	Temps	Déroulé de la séance	Organisation classe	Matériel
Mise en route	5 min	« <i>Qui peut rappeler ce que nous avons vu de nouveau la semaine dernière sur l'ampoule et la pile ?</i> » <u>Réponse attendue</u> : Lorsque l'ampoule est loin de la pile, on peut la faire briller grâce à des matériaux conducteurs.	Collectif / Oral	/
Questionnement	10 min	- « <i>Alors vous avez vu jusqu'à maintenant que l'on pouvait faire briller une ampoule même si la pile est loin. Mais si on veut éteindre l'ampoule comment peut-on faire ?</i> » <u>Réponses attendues</u> : en enlevant la pile, en enlevant les fils, en enlevant l'ampoule, avec un interrupteur.	Collectif / Oral	/

		- « <i>Lorsque qu'il y a de l'électricité, il faut éviter le plus possible de toucher aux fils. Donc nous allons utiliser un interrupteur. Vous allez réfléchir ensemble comment nous pouvons mettre cet interrupteur dans le circuit pour que l'ampoule brille. »</i>		
Recherche	30 min	- Chaque groupe a une feuille de recherche sur laquelle les élèves écrivent leurs hypothèses et imaginent un circuit à réaliser. - L'enseignant passe de groupe en groupe et aide si besoin.	Groupes de 4 élèves / Oral et Écrit	- 6 ampoules - 6 piles plates - fils électriques - 6 interrupteurs - fiches de recherche
Mise en commun	15 min	- Chaque groupe explique au reste de la classe ses hypothèses, expériences et résultats observés. - Consensus général : pour que l'ampoule brille, on ne peut mettre l'interrupteur que d'une seule façon → schéma au tableau du circuit	Collectif / Oral	Fiches de recherches
Synthèse	10 min	- Les élèves résument ce qu'ils ont appris - L'enseignant apporte le vocabulaire spécifique : « <i>Lorsque l'ampoule brille, l'interrupteur est sur « ON », on dit qu'il est fermé, le courant passe. Au contraire, quand l'ampoule ne brille pas, l'interrupteur est sur « OFF », il est ouvert, le courant ne passe pas. »</i>	Collectif / Oral	/
Trace écrite	5 min	La fiche est lue collectivement et complétée. (Annexe 4 page 65)	Individuel / Écrit	Fiche « L'interrupteur »

III. Analyse

Lors des séances détaillées précédemment et mises en place au sein de la classe, les élèves sont passés par toutes les étapes de la démarche expérimentale à savoir la phase de conception, la phase de réalisation et la phase d'exploitation. L'analyse sera principalement focalisée sur la première phase qui comprend l'émission d'hypothèses et l'élaboration d'expériences. Il semblerait que pour des élèves de 6 à 7 ans, cette phase soit la plus difficile puisqu'elle fait appel à des capacités d'abstraction. De ce fait, s'il y a effectivement un développement de l'autonomie au fur et à mesure des séances, ce dernier sera d'autant plus visible dans cette étape. En effet, les élèves commenceront à analyser leurs échecs, arriveront à constater s'ils sont partis dans une mauvaise direction et auront alors plus de facilités à se lancer dans l'activité sans guidage de l'enseignant. Cependant, une discussion autour des deux autres étapes sera faite car le développement de l'autonomie peut également être visible à ce niveau. Des élèves plus autonomes auront tendance à se poser davantage de questions sur une éventuelle erreur constatée lors des phases de réalisation et d'exploitation, et ainsi chercher de nouvelles façons de procéder sans attendre une aide de l'enseignant.

D'un autre côté, deux séances seront comparées entre elles : la séance de solidification de l'eau et la première séance de la démarche expérimentale sur les circuits qui aura lieu après la coupure de trois semaines. Ces deux séances apparaissent dans l'ordre chronologique de l'ensemble. Les consignes données, les réactions des élèves et la production de leur phase de conceptualisation seront alors finement étudiées. La partie la plus complexe repose sur le fait de déceler s'il y a réellement développement de l'autonomie ou s'il s'agit simplement d'une situation d'adaptation au contrat didactique instauré spécifiquement dans les séances consacrées aux sciences. En effet, on peut penser qu'il y aura un possible effet de contrat didactique qui peut jouer sur ce que l'on perçoit comme de l'autonomie. C'est-à-dire que les élèves peuvent avoir compris, au fur et à mesure des séances, que lors des activités scientifiques, la règle consiste à se poser des questions, rechercher, imaginer une expérience... Cela constitue une limite à mon étude car il est possible que ce que je vais percevoir comme étant de l'autonomie n'est peut-être visible qu'en sciences et que cette autonomie n'est pas transférée dans les autres domaines disciplinaires. Cependant, pour essayer de pallier à cette limite, les critères d'analyse sont focalisés sur le temps de mise en œuvre de la conception expérimentale (incluant l'émission d'hypothèses et la proposition d'expériences), ainsi que sur les émergences d'idées des

élèves et sur le rôle du maître. De plus, au niveau des élèves, leurs remarques, questions et interactions entre eux au sein d'un même groupe seront relevées. Du côté de l'enseignant, les réponses à ces questions et les éventuelles aides apportées seront analysées. Les observations sont focalisées sur deux groupes d'élèves, toujours les mêmes. Nous allons les nommer groupe A et groupe B pour des raisons de confidentialité.

Dans ce qui suit, les séances sont décrites de manière générale et analysées du point de vue de la phase de conception de la démarche expérimentale

1. La phase de conception

Chacune des séances menées débute par une phase de questionnement et de recherche durant lesquelles les élèves, par groupes de 4, réfléchissent à une éventuelle réponse possible au problème posé et cherchent une façon de prouver si cette hypothèse est valide ou non. Cette phase de la démarche expérimentale se nomme la phase de conception. Souvent, elle favorise des moments de « conflits sociocognitifs » entre les élèves car chacun va expliquer son point de vue et le confronter à celui des autres pour finir par apprendre de cette confrontation. Les élèves échangent alors entre eux et critiquent les propositions faites. Il s'agit là d'une phase essentielle qui sert de point de départ aux apprentissages. D'un autre côté, les élèves qui écoutent le point de vue d'un camarade entrent dans une autre logique que la leur et cherchent une cohérence. Le processus est guidé par des interactions entre actions et compréhension. L'action de l'enseignant dans cette phase est de fournir une aide adaptée et de mettre en évidence les erreurs.

a) Les séances autour de l'eau

Les trois premières séances ont pour objectifs principaux d'identifier la fusion et la solidification de l'eau ainsi que d'utiliser un thermomètre à liquide. Tout au long de celles-ci, les élèves ont manipulé l'eau sous différents états et le thermomètre à liquide pour mesurer sa température. Ces trois séances sont donc construites dans un souci de progression.

- **Séance n°1 : Le thermomètre**

Lors de cette première séance, les élèves étaient amenés à réfléchir sur le fonctionnement d'un thermomètre à liquide. Afin de contextualiser la séance, je me suis appuyée sur la classe de CLIS de mon école qui avait installé un thermomètre contre une des fenêtres donnant sur la cour de récréation. J'ai pu constater plusieurs fois que les élèves de ma classe s'y attardaient dessus. C'est pourquoi j'ai démarré ma séance en parlant de ce thermomètre. De cette façon, les élèves étaient concernés par une situation réelle qui s'offrait à eux tous les jours. Lorsque la question a été énoncée : « Comment fonctionne un thermomètre ? », j'ai pu constater que les discussions au sein des groupes se sont lancées directement. Je pensais que les élèves s'investissaient de suite dans la recherche mais en passant de groupe en groupe, je me suis rendu compte que les interventions ne concernaient pas forcément le travail demandé.

Concernant le groupe A (Rme et R sont deux élèves de CE1 et G et Rn sont deux élèves de CP), les premiers échanges étaient sur un sujet totalement autre. Mon rôle a donc été de les recentrer sur le sujet et de les amener à se poser des questions. J'étais donc très présente dès le début de la séance, ce qui laisse penser que les élèves ne savent pas se mettre au travail de façon autonome. J'ai tout d'abord demandé si un des élèves pouvaient m'expliquer ce qui était attendu. De cette façon je pouvais voir si les élèves ne se mettaient pas au travail pour une raison d'incompréhension de la tâche demandée. Ils ont été capables de me dire qu'il fallait réfléchir autour du thermomètre et trouver comment celui-ci fonctionnait. En conséquence, l'attitude des élèves n'était pas due à un blocage au niveau de la consigne mais bel et bien au niveau de la mise au travail. Mon second rôle a alors été d'étayer cette étape. J'ai lancé la discussion en demandant à l'élève la plus timide du groupe, afin qu'elle se sente impliquée dans le groupe : « *Rme. est-ce que toi tu as une idée sur la façon dont un thermomètre ça peut fonctionner ?* ». Elle a donné sa réponse avec grande conviction ce qui a engagé un débat :

Rme : « *Beh si on veut la température de l'eau, suffit de mettre le thermomètre dedans.* »

R : « *Mais non, si tu le mets à l'envers ça marchera pas !* »

Rn : « *Y'a pas d'envers, quand maman veut savoir la température de mon bain elle lance le thermomètre dedans et puis c'est tout.* »

Rme : « *Hé oui il a raison Rn.* »

G : « *N'importe quoi, quand on est malade, le thermomètre on le met toujours dans le même sens dans la bouche. [...]* »

L'aide que j'ai apportée a donc permis de lancer les élèves dans un débat argumentatif mais, au bout de 10 minutes, celui-ci n'était toujours terminé. Les élèves étaient partagés entre les deux représentations et n'arrivaient pas à se mettre d'accord sur une d'entre elles. Afin de faire avancer la situation, j'ai de nouveau dû suggérer une méthode de travail au groupe en leur supposant de garder les deux idées et d'essayer de trouver comment ils pourraient faire pour prouver laquelle était la plus correcte en leur rappelant le matériel à leur disposition. À partir de là, les élèves ont décidé de travailler par deux. R et G ont réfléchi à une expérience montrant qu'il fallait mettre le thermomètre dans un certain sens pour avoir la température de l'eau et Rme et Rn ont tenté de prouver le contraire. Les deux premiers élèves ont mis 10 minutes et 20 secondes pour se mettre d'accord sur les expériences à réaliser tandis que les deux autres élèves ont mis 9 minutes et 5 secondes. La phase de conception de ce groupe a alors duré 20 minutes en moyenne, ce qui est long, malgré ma présence. J'ai dû les aider tout au long de cette phase. La principale difficulté de ce groupe a donc été de se mettre au travail et d'organiser son travail car les élèves n'arrivaient pas à se mettre d'accord avec un pair et ne portaient pas attention aux points de vue des camarades.

D'un autre côté, concernant le groupe B (L et M sont deux élèves de CE1, I et S sont deux élèves de CP), les difficultés étaient totalement différentes. La mise au travail a été beaucoup plus rapide. Les élèves ont rapidement réussi à se mettre d'accord sur une hypothèse « *Il faut regarder le truc rouge dans le thermomètre pour avoir la température.* ». Le choix des expériences à réaliser pour la prouver a été un peu plus difficile car chacun voulait tester son expérience. Tout comme pour le premier groupe, je suis intervenue et mon rôle était de les aider au niveau de leur organisation de travail. Je leur ai demandé d'expliquer à tour de rôle ce que chacun voulait faire en précisant au reste du groupe d'être bien attentif. Je reformulais leurs dires pour être sûre que tous comprennent. Après ce moment, les élèves se sont rendus compte que certaines expériences étaient les mêmes, seulement les façons de les décrire étaient différentes. Le groupe a donc abouti à un consensus général : mesurer la température de chaque eau en regardant l'évolution du liquide coloré. Un autre blocage est intervenu après ça : le passage à l'écrit. Les élèves ne savaient pas comment schématiser les expériences et ne prenaient pas d'initiative pour essayer d'y arriver. Ils m'ont donc appelé pour que j'étaye une nouvelle fois leur travail et je leur ai montré comment modéliser un gobelet rempli d'eau ainsi qu'un thermomètre. Au total, cette phase de conception a duré pour ce groupe 27 minutes et 33 secondes.

Concernant les deux groupes, les élèves m'appelaient souvent afin de savoir s'ils partaient dans la bonne direction. Ils essayaient d'obtenir la réponse au problème posé afin de ne pas se tromper. Aucun des deux groupes n'a osé proposer une expérience sans m'avoir demandé avant si « c'était bon » et aucun n'a pris d'initiatives. Mon rôle était donc de les inciter à essayer et de leur donner confiance en leur expliquant que l'erreur n'était pas grave, que l'on a le droit de se tromper et qu'on apprend ainsi. Mon étayage au niveau de la mise au travail et de l'organisation de ce travail en groupe a donc été très fort lors de cette première séance.

En définitive, lors de cette séance, la phase de conception a été très longue, autour de 20 et 30 minutes pour les deux groupes. Les élèves ont éprouvés des difficultés au niveau de la mise au travail et de l'organisation de celui-ci. Mais ils ont également eu des difficultés au niveau de l'élaboration des expériences et de la prise de risques. Du point de vue des critères d'autonomie, les élèves sont très peu autonomes, voire pas du tout à ce stade-là. En effet, d'après les attitudes énoncées dans la partie I. 3) b), les élèves n'arrivaient pas à s'appuyer sur des méthodes de travail seuls, ils n'ont pas su mettre au point une démarche de résolution sans m'appeler et n'ont pas pris l'initiative de mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions avant que je les y invite.

- **Séance n°2 : La fusion**

L'objectif principal de cette seconde séance était de déterminer la température de fusion de l'eau à température et pression ambiantes. Un rappel sur l'utilisation du thermomètre a été fait en début de séance afin d'éviter quelconque blocage à ce niveau.

Contrairement à la première séance, lorsque le problème a été énoncé, les élèves se sont de suite mis en situation de recherche. Les discussions dans les deux groupes observés concernaient le sujet de travail et les élèves semblaient plus à l'écoute les uns envers les autres. De plus, ils ont mis en place une méthode de travail à laquelle ils n'avaient pas pensé lors de la séance précédente. L'idée d'attribution de rôles avaient été soumis lors de la séance précédente mais volontairement de façon implicite afin d'observer les adaptations des élèves. J'avais dit aux élèves « *Peut-être que vous pourriez vous attribuer des rôles au sein du groupe pour que ce soit plus facile.* ». Ainsi, cette supposition a pris forme lors de cette seconde séance puisque, dans chacun des groupes, un élève s'est porté volontaire pour noter les hypothèses. D'abord les quatre membres ont donné leur point de vue et apporté des

arguments puis au fur et à mesure de la discussion, ils se sont mis d'accord sur une hypothèse. Concernant la rédaction de celle-ci, les deux groupes ont eu des difficultés lors du passage à l'écrit alors qu'ils arrivaient à m'expliquer oralement leurs idées. On pourrait penser, au regard des productions, que les élèves n'arrivaient pas à synthétiser leurs idées alors qu'ils en ont été capables. C'est une évolution comparé à la première séance même si elle n'est pas tout à fait aboutie. Le groupe A pensait que la glace fondait à 10°C mais sur la fiche de recherche ils ont mélangé la description de l'expérience et leur hypothèse :

Problème : A quelle température la glace fond-elle pour se transformer en eau liquide ?

Ce que nous pensons : Nous devons mettre de l'eau
de 10°C de l'eau bouillie dans la glace à la
température ~~de~~ température a au moins de 10°C
pour faire briser la glace et la liquéfier.

Hypothèse groupe A

Cette erreur est sûrement due au fait que les élèves ont pensé à l'expérience à réaliser en même temps qu'ils énonçaient leur hypothèse. En sciences cette attitude est normalement bon signe, puisqu'on pense les explications possibles en même temps que la manière de les tester, mais cela leur a joué des tours lorsqu'ils sont passés à la rédaction. Malgré le fait que leur envie de manipuler a été prégnante à la réflexion, leur attitude montre que les élèves commencent à s'approprier la phase de conception de la phase expérimentale.

Quant au groupe B, ils étaient tous d'accord sur le fait que la glace fondait à 20°C. Ils ont fait la même erreur que l'autre groupe lors de la rédaction, c'est-à-dire qu'ils ont mélangé l'expérience et l'hypothèse. Sauf qu'au lieu de faire un descriptif de la manipulation à faire, ils ont détaillé le matériel dont ils allaient avoir besoin. Ceci montre également, comme pour le groupe A, que les élèves commencent à s'approprier les étapes de la démarche expérimentale. Ils ont pensé aux hypothèses en même temps que la façon de les prouver.

Problème : A quelle température la glace fond-elle pour se transformer en eau liquide ?

Ce que nous pensons : de la glace, de l'eau, du sel,
pas d'air, le sel nous réchauffe, 20°

Hypothèse groupe B

La même erreur ayant été présente chez les deux groupes, il y a peut-être eu une incompréhension lorsque le détail des différentes parties de la fiche de recherche a été explicité.

Le temps d'émission d'hypothèses pour les groupes ont été respectivement 7 minutes et 54 secondes, et 8 minutes et 41 secondes. Ce qui est tout de même inférieur au temps mis lors de la première séance.

Par la suite, les élèves ont schématisé les expériences qu'ils allaient mettre en place pour valider ou non leurs hypothèses. Le groupe B, qui avait des difficultés lors de la première séance, s'est souvenu comment schématiser un récipient donc ils n'ont pas eu besoin d'aide au niveau de la modélisation. Tout comme lors de la rédaction de l'hypothèse, un élève s'est porté volontaire pour faire le schéma de l'expérience. Ce temps a duré 8 minutes et 03 secondes.

Le groupe A ne m'a pas appelé lors de cette phase de schématisation qui a été réalisée par le même élève qui avait écrit l'hypothèse pendant que les autres donnaient leurs avis. Cependant, tout comme la première séance, ils m'ont interpellé pour savoir si c'était correct avant de se lancer dans la réalisation de l'expérience. Les élèves ont été capables cette fois-ci de faire des choix dans le domaine des idées mais ils n'ont pas osé prendre des décisions au niveau de la mise en œuvre. En se référant aux attitudes d'un élève autonome, on peut constater qu'il y a eu une légère amélioration car un point a été mis en place (faire des choix dans les idées).

La phase de conception lors de cette séance a duré 16 minutes et 44 secondes pour le groupe B et 16 minutes 05 secondes pour le groupe A. Ces temps sont bien inférieurs aux temps

faits lors de la première séance. Le groupe B a d'avantage progressé notamment car ils se sont souvenus des apports que je leur avais faits lors de la séance précédente.

Voici ci-dessous les productions des deux groupes :

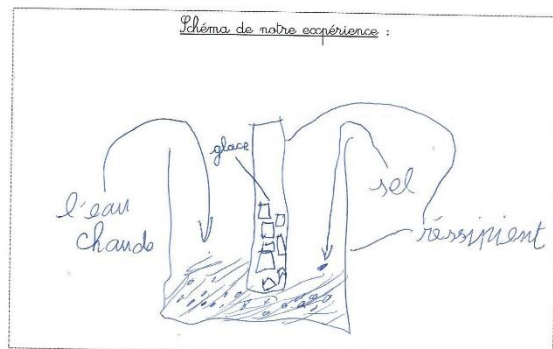


Schéma expérience groupe B



Schéma expérience groupe A

En regardant les schémas des deux groupes, on peut voir que le premier n'a pas représenté le thermomètre alors que lors de la réalisation ils l'ont utilisé. Quant au second groupe, ils ont fait un mélange de thermomètre et de tube à essai. En s'appuyant sur la description faite précédemment, on sait que les élèves voulaient mettre de l'eau chaude sur des glaçons et mesurer la température en même temps. Or sur leur schéma, les élèves semblent montrer qu'il faut verser l'eau chaude dans le thermomètre. Il se dégage donc de ces deux productions que les élèves ont des difficultés à représenter leurs idées. Cette difficulté entraîne le fait que les élèves me sollicitent lors de cette étape. On pourrait alors penser que l'autonomie ne continue pas à évoluer mais celle-ci est également le fruit d'un apprentissage. De ce fait, il est nécessaire de faire un réel travail sur cette étape de modélisation qui n'est pas facile à réaliser pour des élèves de cet âge. Ainsi, ils auront des apports auxquels se rattacher et n'auront pas à me solliciter s'ils prennent l'initiative de chercher ces informations dans leur cahier de leçons ou un affichage. Cette attitude est, elle, signe d'un comportement autonome. C'est pourquoi, à la suite de cette séance, j'ai pris un temps avec les élèves pour réfléchir avec eux comment bien schématiser ou dessiner l'expérience que l'on souhaite faire.

En définitive, lors de cette seconde séance, les élèves ont été un peu plus autonomes. Ils ont été capables d'organiser leur travail de groupe en désignant un « secrétaire » chargé de noter les hypothèses et les expériences. Les élèves se sont davantage écoutés et ont su remettre en question leurs représentations initiales grâce aux argumentations de leurs camarades. Chacun a su prendre la parole au sein du groupe, se faire comprendre et

convaincre les autres. Cependant, des difficultés sont toujours présentes au niveau de la rédaction des hypothèses, de la schématisation des expériences et au niveau de la prise de risques. Les élèves ont tout de même fait appel à moi à plusieurs reprises, même si cela était moins souvent que lors de la première séance.

b) « La solidification » et « L'ampoule et la pile plate »

La troisième séance autour de l'eau et plus précisément de la solidification va être comparée avec la première sur l'électricité qui a été mise en place après une pause de trois semaines. Elles sont confrontées afin de voir si les progrès constatés précédemment sont dus à la mise en place d'un automatisme ou s'il y a réellement un début de développement de l'autonomie.

- **Séance n°3 : La solidification**

Lors de cette troisième séance, les élèves se sont mis au travail dès que la question a été énoncée. Cependant, contrairement à la séance précédente, les élèves ont éprouvé plus de difficultés à se mettre d'accord sur une hypothèse, que ce soit dans le groupe A ou le groupe B. Dans le premier groupe, voyant que la discussion finissait pas tourner en rond, j'ai suggéré aux élèves, tout comme lors de la première séance, de noter les hypothèses de chacun et de proposer des expériences pour vérifier laquelle ou lesquelles étaient valides. L'étayage au niveau de l'organisation du travail a donc été une nouvelle fois nécessaire. Contrairement à ce que je leur avais suggéré, les élèves ont fini par se mettre d'accord sur le matériel à utiliser. Le débat a tout de même duré 10 minutes et 33 secondes. Concernant le groupe B, le choix du matériel s'est très vite fait mais la façon de les utiliser pour fabriquer de la glace a été plus complexe. Tout comme lors des séances précédentes, j'ai incité les élèves à faire plusieurs hypothèses en leur expliquant que s'ils se trompaient ce n'était pas grave, qu'ils pourraient modifier leur expérience. La phase d'émission d'hypothèses a duré pour eux 8 minutes et 25 secondes.

Quant au choix des expériences à mettre en place, cette étape a été très rapide pour le groupe B tandis que le groupe A s'est posé d'avantage de questions notamment sur la façon de mélanger les différents composants.

En comparant la production des deux groupes :

Problème : Comment peut-on fabriquer de la glace ?

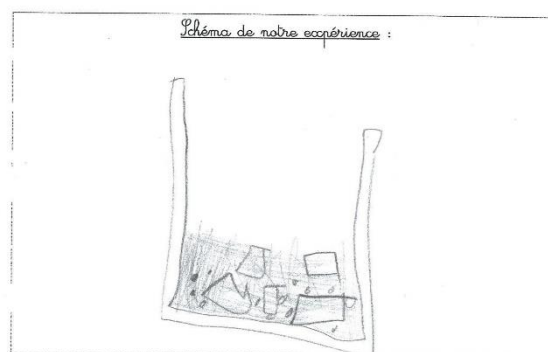
Ce que nous pensons : du sel des glaçons. Les
morceaux de sel sont mélangés avec l'eau.
Des glaçons et des de l'eau et ~~du sel~~ du sel.
Les petit morceaux de glace vont aller avec
l'eau et le sel.



Production groupe A

Problème : Comment peut-on fabriquer de la glace ?

Ce que nous pensons : Il faut de la glace, de l'eau,
du sel, thermomètre, récipient en métal de l'eau
dans un récipient de la glace, du sel.



Production groupe B

On peut constater que les deux hypothèses et expériences proposées sont les mêmes. Les élèves semblent avoir voulu utiliser tout le matériel qu'ils pouvaient mélanger : les glaçons, l'eau et le sel. Ils n'ont, par conséquent, pas su faire un choix dans leurs idées et dans leurs différentes possibilités d'expérimentation. Nous verrons dans la suite du mémoire si les observations de ces expériences ont permis une réflexion.

Les temps de la phase de conception lors de cette séance sont de 16 minutes et 56 secondes pour le groupe A et 14 minutes et 21 secondes pour le groupe B. En définitive ces temps sont inférieurs à ceux de la séance n°2, mais cela ne s'explique pas par un développement de l'autonomie. Les élèves ont rencontré les mêmes difficultés que lors des précédentes séances et m'ont sollicité toujours pour les mêmes raisons. De plus, ils ont préféré proposer une expérience pour aller vite au lieu de se poser réellement des questions sur l'utilité de celle-ci. Cependant, les élèves étaient organisés dans leur travail. En effet, dans chaque groupe, ils ont désigné un nouveau « secrétaire » pour éviter que ce soit toujours le même. Dans le groupe B, un élève de CP avait ce rôle mais il se faisait aider par un élève de CE1 qui lui épelait les mots. Ils ont changé de personne lors de la schématisation de l'expérience. Dans l'autre groupe, le choix du « secrétaire » s'est fait par tirage au sort.

- **Séance n°4 : L'ampoule et la pile plate**

Cette première séance d'électricité vient après trois semaines de pause dans la démarche expérimentale. Nous allons voir si les élèves ont appris de leurs comportements lors des séances précédentes ou s'ils sont entrés dans un système d'automatisation.

Tout d'abord, lorsque les élèves ont appris qu'ils allaient faire un travail sur l'électricité, ils étaient plein d'engouement et plusieurs m'ont demandé : « *On va travailler comme avant par groupe ? Parce que c'était mieux.* ». Cette attitude laisse à penser que les élèves prennent du plaisir à travailler en groupe, de façons un peu plus libres et autonomes. Avant de commencer la séance, nous avons fait un récapitulatif de ce que nous avons appris sur cette façon de travailler en groupe. Concernant la phase de conception, les élèves ont été capables de dire qu'il fallait dans un premier temps réfléchir à ce qu'ils pensaient de la question posé et qu'ensuite il fallait essayer de prouver s'ils pensaient quelque chose de correct ou non. Ensuite, plusieurs d'entre eux m'ont dit qu'il fallait s'écouter, ne pas parler tous en même temps et qu'ils devaient se donner des rôles.

À la suite de ça, nous avons débuté la séance. Les deux groupes observés se sont de suite approprié le travail demandé. Ils devaient réfléchir à la façon de faire briller une ampoule grâce à une pile plate. Dans le groupe A, une nouvelle organisation est apparue. Les élèves ont décidé de parler à tour de rôle en suivant le tour de la table. G. a commencé par dire « *L'ampoule doit toucher la pile.* » puis R qui était à sa droite a répondu à son idée en disant « *Oui mais moi je pense qu'elle doit toucher la pile pas au hasard.* » et ainsi de suite jusqu'à ce que tout le monde ait donné son avis. De cette façon, les élèves se sont écoutés et ont réfléchi ensemble sur le sujet. Ils ont abouti à un consensus général très rapidement puisqu'au bout de 5 minutes et 36 secondes l'hypothèse était choisie. Concernant le choix du « secrétaire », ils ont gardé la même stratégie que lors des séances précédentes, à savoir le tirage au sort. Avant de schématiser leur expérience, les élèves m'ont appelée pour savoir comment ils pouvaient dessiner la pile et l'ampoule « *parce que si on met tous les détails c'est trop long* ». Concernant la pile plate, j'ai fait au tableau la modélisation conventionnelle. Mais pour l'ampoule, je n'ai pas fait le modèle scientifique car il est trop abstrait pour des élèves de CP/CE1, j'ai donc opté pour un dessin simplifié, soient :

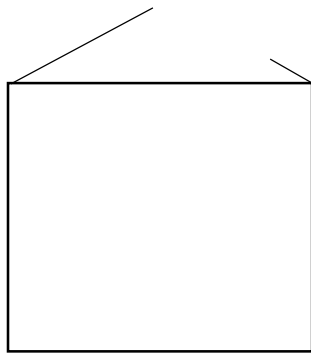
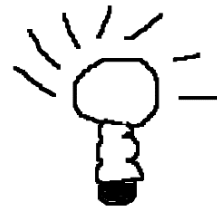


Schéma de la pile plate



Dessin de l'ampoule

ou

Dessin de l'ampoule
qui brille

La phase de conception pour le groupe A a duré 10 minutes et 48 secondes. Les élèves ont continué à mettre en place une organisation de travail, de plus en plus efficace, durant cette séance et m'ont moins sollicitée. Cela laisse à penser que les élèves acquièrent de plus en plus d'autonomie.

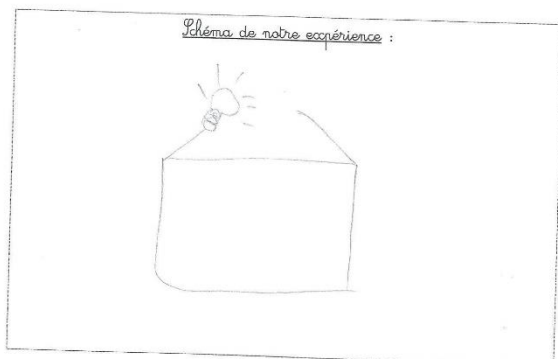
Dans le groupe B, les élèves ont choisi de laisser parler en premier « *les plus petits* ». Ainsi, ce groupe a également mis en place une organisation de travail collectif. Ils ont gardé le fonctionnement trouvé lors de la séance précédente concernant le choix du « secrétaire ». Lors de la schématisation de l'expérience, les élèves ont décidé de faire plusieurs essais au cahier de brouillon avant de le faire sur la fiche de recherche. De cette façon, ils ont pu se mettre d'accord sur un schéma en justifiant à chaque fois pourquoi tel ou tel détails ne leur convenaient pas. La phase de conception a duré 13 minutes et 30 secondes pour ce groupe. Les élèves ne m'ont pas sollicitée tout le long de cette phase, ils m'ont juste appelée à la fin pour me demander si leur fiche était jolie. À ce moment-là, je leur ai demandé comment ils avaient décidé de représenter la pile et l'ampoule et les élèves m'ont répondu qu'ils avaient regardé ce que j'avais fait au tableau pour l'autre groupe. Ce second groupe a donc toujours besoin d'être mis en confiance mais leur mise au travail est de plus en plus rapide et leur organisation est de mieux en mieux gérée. De plus, ils ont été capables de prendre les informations qui leur manquaient là où je les vais mises. Cette attitude est significative d'un comportement autonome. En conséquence, ce groupe a également acquis de l'autonomie.

Voici les productions des deux groupes :

¹⁹ Les schémas et dessins ont été faits par moi-même à l'aide du logiciel Paint.

Problème : Comment faire briller l'ampoule ?

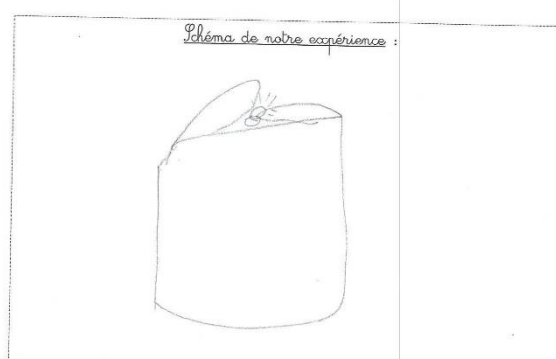
Ce que nous pensons : Une ampoule dessus sur
le bas de la pile



Production groupe A

Problème : Comment faire briller l'ampoule ?

Ce que nous pensons : on doit mettre l'ampoule au
milieu de la pile



Production groupe B

On peut constater que les deux groupes ont fait une véritable émission d'hypothèses comparé aux séances précédentes et qu'ils semblent désormais avoir assimilé clairement les différentes étapes de la phase de conception dans la démarche expérimentale.

- **Comparaison**

Si l'on compare les attitudes des deux groupes d'élèves lors des séances n°3 et 4, on constate qu'il y a un réel progrès au niveau de l'organisation du travail. Les élèves ont su retenir ce qui avait fonctionné ou non lors des travaux précédents et ont mis en place de nouvelles stratégies pour que le travail de groupe soit davantage amélioré. On ne peut pas parler ici d'automatisme puisque les élèves n'ont fait que trois séances sous forme de démarche expérimentale et durant celles-ci, des difficultés récurrentes ont été constatées. De plus, il y a eu trois semaines sans mise en place d'une telle démarche donc les élèves n'ont pas continué à prendre des habitudes. Par conséquent, en se référant aux attitudes d'élèves autonomes détaillées dans la partie I.3) de ce mémoire, on peut dire qu'il y a développement de l'autonomie pour ces deux groupes d'élèves car ils ont :

- compris les consignes énoncées ;

- organisé un travail de groupe en fonction des attendus ;
- cherché un renseignement au bon endroit ;
- écouté chaque membre du groupe ;
- pris la parole en se faisant comprendre ;
- organisé leur travail de groupe ;
- identifié le problème et mis en place une démarche de résolution.

Cependant, il est possible que les élèves aient compris, comme énoncé précédemment, que lors d'activités scientifiques, il y a une règle (question, recherche, expérience...) et que ce que je vois comme une évolution d'autonomie n'est peut-être pas transférée dans les autres disciplines.

c) Les séances autour de l'électricité

Les deux dernières séances mises en place dans le cadre de ce mémoire sont, comme la séance n°4, autour de l'électricité. Les objectifs principaux de ces séances étaient de faire un circuit électrique avec une pile, un matériau conducteur et une ampoule ; puis un autre avec en plus un interrupteur.

• **Séance n°5 : Allumer l'ampoule à distance**

Pour cette seconde séance d'électricité, les élèves étaient tout aussi enthousiastes que lors de la première et les deux groupes se sont mis au travail très rapidement. Le groupe A a gardé la même organisation de travail que lors de la séance précédente, sauf pour désigner le « secrétaire ». Ayant compris qu'avec le hasard il était possible de tomber deux fois sur la même personne, ils ont décidé de choisir un des deux élèves qui n'étaient pas encore passés. Ils ont donc été capables d'adapter leur organisation à partir d'un constat de l'ancienne. Ensuite, comme les élèves avaient le droit de choisir du matériel de leur trousse pour réaliser les expériences, ils ont opté, au sein du groupe, qu'ils allaient choisir chacun un élément qui permettrait de faire briller l'ampoule. Les élèves de ce groupe ont donc su adapter leur organisation de travail en fonction de l'objectif de la séance. Concernant l'émission d'hypothèses chacun était d'accord sur le fait qu'il fallait deux fils électriques comme l'ampoule était loin de la pile. Les élèves ont donc décidé de tester d'abord une expérience

avec ceux-ci et ensuite d'en faire chacun une avec les matériaux de la trousse. Ainsi, une discussion s'est lancée autour de la position des différents éléments du circuit mais elle n'aboutissait pas. Volontairement, je ne suis pas intervenue pour voir si les élèves arrivaient à trouver une information quelque part qui pourrait débloquer la situation. Au bout de 5 minutes et 53 secondes, un élève du groupe a rappelé aux autres « *Hé, vous vous souvenez la dernière fois on avait trouvé dans quel sens on devait mettre l'ampoule !* ». Et un second a répondu « *Ah ouiiii ! On va aller voir notre leçon dans le classeur.* ». À la suite de cela, les élèves ont pris le parti de « rallonger » les lamelles de la pile grâce aux fils électriques. Ainsi ils ont schématisé leur expérience de cette façon :



Dessin expérience groupe A

Les élèves de ce groupe ont donc été capables de prendre l'initiative d'aller chercher une information dans ce qu'ils connaissaient. Ils ont su rapprocher une ancienne situation à une nouvelle.

Du côté du groupe B, l'émission d'hypothèses a vite été trouvée car un élève a dit « *Des fois je vois papa bricoler et quand il fait la lumière il a des fils comme ceux de la maîtresse alors je suis sûr c'est ça.* ». Ils ont donc décidé de choisir cette solution et d'ensuite ajouter des matériaux de la trousse pour tester si l'ampoule s'allumait. Cependant, le choix de la position des fils a posé plus de problèmes. Les élèves m'ont alors appelé pour me dire qu'ils étaient bloqués. Afin de les aider, je leur ai posé quelques questions pour étayer leur réflexion :

Moi : « *Essayez de vous rappeler ce qu'on a vu la dernière fois en électricité avec l'ampoule et la pile.* »

(Petit temps de réflexion)

I : « *Ah oui c'est vrai ! On avait trouvé comment mettre l'ampoule sur la pile pour que ça marche !* »

S : « Aaaaah oui ! »

Moi : « Alors est-ce que vous vous souvenez comment on l'avait mise cette ampoule ? »

M : « Moi pas trop. »

L : « Moi je me souviens que... je crois qu'un côté de l'ampoule touchait les trucs en fer de la pile et... et l'autre je sais plus. »

Moi : « Oui c'est un bon début. Est-ce qu'un de vous peut l'aider ? »

I : « On s'en souvient plus trop je crois. »

Moi : « Alors, quand on ne se souvient plus ce qu'on a appris de nouveau, où est-ce qu'on peut chercher ? »

L : « Dans le cahier de leçons !!!!! »

Moi : « Ah peut-être oui, je vous laisse chercher tout seul, on verra si tu as raison. »

Les élèves ont alors pris leur cahier de leçons pour trouver le schéma du montage. Ensuite la discussion s'est de nouveau engagée entre les élèves et un a suggéré : « Et si on faisait comme si les fils c'étaient comme les lamelles de la pile mais en plus long ? ». À partir de là le groupe a réussi à schématiser son expérience. En conséquence, pour ce groupe, les élèves ont su rapprocher une ancienne situation à une nouvelle mais grâce à mon intervention. Ils n'avaient pas pensé, contrairement au groupe A, à aller chercher une information ailleurs avant de m'appeler.

La phase de conception de cette séance a été un peu plus longue pour les deux groupes : 15 minutes et 34 secondes pour le A et 16 minutes et 48 secondes pour le B. Ces temps sont supérieurs à ceux de la séance précédente mais cela s'explique par le fait que chacun a été chercher les informations dans les cahiers de leçons pour relancer la réflexion, cela n'a pas de rapport direct avec une diminution de l'autonomie. Ainsi, l'attitude des élèves est très bonne et laisse penser à une continuité dans le développement de l'autonomie.

- **Séance n°6 : L'interrupteur**

L'objectif de cette dernière séance était de faire un circuit électrique avec une pile, une ampoule, des fils électriques et un interrupteur dans le but d'allumer et d'éteindre l'ampoule à souhait. Si les élèves ont réellement commencé à développer un comportement autonome, ils devraient être capables d'utiliser les notions apprises alors de la séance n°5 ou d'aller chercher les informations utiles dans leur cahier de leçons pour résoudre le problème.

En effet, il leur suffit simplement de faire le même montage qu'avec les matériaux conducteurs et isolants mais de les remplacer par un interrupteur.

Le groupe A avait eu l'idée lors de la séance précédente de s'aider du cahier de leçon. Pour cette nouvelle situation, les élèves ont commencé à donner chacun leur avis mais très rapidement ils ont été chercher dans le cahier de leçon le précédent montage pour réfléchir à partir de celui-ci. Je leur ai demandé pourquoi réfléchir à partir de ça et ils m'ont répondu « *Parce que ça nous fait penser à la dernière fois avec les objets de la trousse. On les avait mis pour voir si l'ampoule brillait alors on pense que c'est peut-être pareil.* ». De cette façon, ce groupe a pris un risque pour essayer une résolution possible du problème. Ils ont été capables de ramener une situation inconnue proche d'une situation connue en allant chercher l'information nécessaire de leur propre gré. Cette attitude relève bien d'un progrès vis-à-vis de l'autonomie.

Du côté du groupe B, les élèves se souvenaient que lors de la séance précédente ils avaient été bloqués et que pour s'aider ils avaient été voir le cahier de leçon. Cependant, lors de cette séance, un élève se rappelait du montage précédent. Il a donc émis aux autres l'idée de faire le même montage mais « *en mettant au milieu le bouton* ». À partir de cette proposition, les élèves ont discuté et ont chacun défendu leur point de vue pour aboutir au final à l'hypothèse suivante : « *L'interrupteur doit être comme un fil.* ». Les élèves ont donc organisé leur travail comme lors de la séance précédente et se sont appuyés sur les notions qu'ils avaient apprises jusqu'ici.

Concernant les deux groupes, lors de cette séance, les élèves ne m'ont pas sollicitée tout le long de la phase de conception qui a duré 10 minutes et 05 secondes pour le groupe A et 9 minutes et 22 secondes pour le B. Je passais juste voir les élèves pour leur faire verbaliser les actions qu'ils menaient.

En définitive, tout au long de ces six séances, les élèves ont développé des capacités et des attitudes concernant la phase de conception de la démarche expérimentale qui laissent penser qu'il y a eu développement de l'autonomie. En effet, j'ai pu constater que lors des trois premières séances, ils avaient des difficultés récurrentes au niveau du passage à l'écrit de l'hypothèse et de la schématisation des expériences qui peuvent être dues au fait que les élèves n'avaient pas encore acquis les différentes étapes d'une démarche expérimentale.

Après un apport de ma part, les élèves ont montré des améliorations. De plus, au fur et à mesure des séances, les deux groupes ont mis en place une organisation de travail de plus en plus efficace et ont été capables d'aller chercher des informations manquantes dans leur cahier de leçon ou avec l'aide du tableau sans avoir besoin de m'appeler. Ils ont également montré la capacité de faire un rapprochement d'une situation inconnue avec une connue. Au sujet de mes interventions, elles étaient de moins en moins présentes et j'ai remarqué que les élèves coopéraient pour surmonter les blocages.

Une discussion au sujet des phases de réalisation et d'exploitation peut être intéressante afin de voir s'il y a eu à ce niveau aussi un développement du comportement autonome.

2. Autour des phases de réalisation et d'exploitation

Lors de la première séance, que ce soit dans le groupe A ou le groupe B, les élèves se bloquaient si l'expérience testée ne donnaient pas les résultats espérés. Ils attendaient de celle-ci qu'elle confirme ce qu'ils pensaient. Donc dès qu'elle n'allait pas dans leur sens, les élèves étaient déçus et se désintéressaient à la situation. Mon rôle était là de les encourager à continuer et de leur expliquer que l'erreur ne signifie pas que les élèves n'avaient pas de connaissances. Cet obstacle a également été rencontré lors de la seconde séance. J'ai donc dû, pour ces deux premières séances, être très présente lors de la réalisation des expériences. Les élèves l'ont surmontée à partir de la séance n°3 et ont essayé de trouver pour quelles raisons telles ou telles expériences ne fonctionnaient pas. Dans un premier temps ils me sollicitaient beaucoup et me demandaient souvent de les aider. Mais petit à petit ils se sont appuyés sur le fait qu'à quatre il était possible de surmonter plus facilement un obstacle, qu'il suffisait de mutualiser leurs connaissances et qu'ils avaient également à leur disposition des supports pouvant les aider.

D'un autre côté, au niveau de la réalisation des expériences, les élèves ont développé tout au long des séances une organisation de travail de plus en plus efficace. Ils se donnaient des rôles au sein du groupe, organisaient leur table pour manipuler aisément et faisaient de nombreux essais dans le cas où le premier test n'était pas bon. Ces comportements ont surtout été observés à partir de la séance n°4. Ceux-ci peuvent s'expliquer par le fait que les élèves

ont appris de leurs erreurs et ont également appris à travailler en groupe. De ce fait, le travail par la démarche expérimentale a été bénéfique sur ces points.

Parallèlement, lors de l'exploitation des résultats, les deux groupes se contentaient pour les premières séances de décrire ce qu'ils voyaient. Ils avaient des difficultés à trouver des raisons pour lesquels les expériences invalidaient les hypothèses et à les expliquer. Mon rôle était d'étayer en leur donnant des petits indices ou en leur posant des questions pour les amener à une réflexion plus poussée sur le sujet. La difficulté était pour moi de ne pas trop leur en dire et de ne pas leur « mâcher » le travail. Au fur et à mesure des séances et notamment à partir de la numéro 3, les élèves ont de mieux en mieux réussi à expliquer les résultats observés et avaient de moins en moins besoin de mon aide.

En conséquence, lors des phases de réalisation et d'exploitation, j'ai pu constater que l'attitude des élèves allait en s'améliorant et qu'ils devenaient de plus en plus autonomes. J'avais besoin d'être de moins en moins présente et ils coopéraient vraiment entre eux.

3. Synthèse des résultats

Durant tout le travail mené en classe, j'ai pu observer chez les élèves des attitudes relevant d'un gain d'autonomie, que ce soit lors de la phase de conception de la démarche expérimentale mais également lors des phases de réalisation et d'exploitation. En effet, les élèves ont été, au fur et à mesure des séances, capables de mettre en place une organisation de travail efficace qui s'adaptait aux objectifs attendus et disposaient leur table de travail de manière plus appropriée aux situations. De plus, ils ont développé petit à petit une compétence propre à l'autonomie qui est de rapprocher une situation inconnue à une situation connue, ils parvenaient à analyser leurs échecs et ils arrivaient à constater s'ils partaient dans une mauvaise direction.

Du côté des mises en place d'expériences et de l'exploitation des résultats, notamment à partir de la séance 3, les élèves mettaient à l'essai plusieurs solutions possibles et réessayaient en adaptant tels ou tels détails. Ils faisaient des choix dans leurs idées et dans les expériences à mettre en place, et ils avaient une réflexion de plus en plus analytique des résultats obtenus. Les élèves, à la fin des séances, ne se contentaient plus de décrire les observations mais ils les interprétaient.

Cependant, ce qui me paraît plus difficile à estimer est si les élèves ont réellement développé de l'autonomie, et dans ce cas-là, leurs comportements sont transférables dans les autres disciplines, ou s'il s'agit juste d'une adaptation du contrat didactique. Ce dernier étant les attentes de l'enseignant vis-à-vis des élèves et inversement. Pour vérifier cela il faudrait étendre l'analyse sur du long terme, sur plusieurs classes et dans plusieurs domaines d'apprentissage.

Conclusion-Discussion

En définitive, durant ce travail de recherche, le développement de l'autonomie des élèves au niveau de leur travail a été analysé au travers de la démarche expérimentale. Pour cela, six séances incluant à chaque fois une telle démarche ont été mises en place. Elles étaient regroupées par trois et ont été espacées de trois semaines afin d'éviter l'automatisation des comportements des élèves. Les thèmes abordés sont les changements d'état de l'eau, plus particulièrement la solidification et la fusion, l'utilisation d'un thermomètre, et la conception de circuits électriques simples. Pour les premières séances, la situation déclenchante a été le thermomètre de la classe de CLIS placé sur une des fenêtres donnant sur la cour de récréation de l'école. Celui-ci a interpellé à plusieurs reprises mes élèves qui s'y attardaient souvent dessus. Concernant la partie électrique, elle a été motivée par l'objectif final de la séquence, à savoir la réalisation d'un phare. Les élèves étaient donc à chaque fois motivés par l'aspect concret des situations proposées.

Durant ces séances, la principale analyse a porté sur la phase de conception, c'est-à-dire l'émission d'hypothèses et la proposition d'expériences. Cependant, les deux autres phases d'une démarche expérimentale (réalisation et exploitation) ont également fait l'objet d'une discussion qui a permis de compléter les relevés au niveau du comportement des élèves. De plus, pour analyser l'autonomie des élèves, deux critères ont été principalement étudiés : le temps de mise en œuvre de la phase de conception avec la façon dont les élèves ont réfléchi sur l'émission d'hypothèses et également la proposition d'expériences faite en fonction de celles-ci ; puis le rôle du maître, c'est-à-dire mon rôle, a également fait l'objet d'observations.

Durant le premier thème abordé, les changements d'état de l'eau et le fonctionnement d'un thermomètre à liquide, j'ai pu constater que les élèves éprouvaient de nombreuses difficultés à travailler en groupe. Lors de la première séance, mon rôle a été de recentrer les élèves sur la situation-problème, de les aider à avancer dans leur travail et dans leur organisation de travail. Pour les deux groupes observés, j'étais très présente et les élèves ne progressaient pas dans leurs tâches si je n'étais pas avec eux. Il n'y avait pas d'organisation de travail mise en place et ils ne savaient pas faire des choix dans leurs idées. Pour la seconde séance, les élèves ont commencé à s'organiser dans leur travail. Ils se sont attribués des rôles en se rappelant que j'avais émis cette supposition en séance 1. De plus, ils ont réussi à faire des choix dans leurs idées pour mettre en place un travail plus efficace. Les élèves commençaient à apprendre à travailler en groupe. Ainsi, j'ai pu constater qu'ils m'avaient appelée moins souvent car ils s'appuyaient vraiment sur leurs camarades. Concernant la dernière séance de ce thème, la phase de conception étudiée a été plus rapide que précédemment. Mais elle n'a pas pour autant été plus efficace puisque les élèves ne se sont pas posés de questions sur l'utilité des expériences testées. Une constante était tout de même observable au niveau de l'organisation du travail car les élèves continuaient à s'attribuer des rôles et s'écoutaient mutuellement. En conclusion, au fur et à mesure de ces trois premières séances, la mise en place de démarches expérimentales, qui a supposé un travail de groupe, a permis aux élèves de développer des capacités au niveau de leur organisation de travail et des choix dans leurs idées. Ces attitudes étant caractéristiques d'un comportement autonome, on peut dire que les élèves ont commencé à développer un peu d'autonomie grâce au travail par démarche expérimentale.

L'observation et l'analyse des trois séances suivantes, autour de l'électricité, ont montré que les élèves avaient surmonté des difficultés. Pour la première séance sur ce thème, les organisations de travail se sont affinées car les élèves se sont adaptés au travail demandé. Ils se sont appuyés sur leur précédente organisation mais ont changé des aspects qui ne leur convenaient pas, comme la prise de parole au sein du groupe. De plus, ils ont été capables, au fur et à mesure, d'analyser leurs erreurs et de se rendre compte quand ils partaient dans une mauvaise direction. Ils ont également su aller chercher des informations qui leur manquaient dans des ressources à leur disposition afin de continuer à travailler sans que je sois présente et ils ont réussi à rapprocher une situation inconnue à une connue. Ces comportements ont été de nouveau observés lors des deux séances d'électricité suivantes. Ils étaient encore plus efficaces et j'ai pu constater que les élèves étaient davantage précis dans

leurs réflexions et leurs argumentations. J'étais de moins en moins sollicitée, mon rôle consistait, à ce moment-là, à passer voir les groupes pour répondre aux éventuelles questions et pour leur faire verbaliser les actions qu'ils faisaient. Les attitudes développées lors de ces trois dernières séances sont liées au travail par la démarche expérimentale car les élèves se sont vraiment appuyés sur un travail collaboratif entre pairs et les étapes d'une telle démarche nécessitent une organisation de travail précise ainsi qu'une réelle évolution au niveau des réflexions cognitives. Enfin, les comportements observés et analysés relèvent bien d'un comportement autonome.

Les résultats obtenus sont donc encourageants car, tout au long des six séances, les élèves ont peu à peu pris des initiatives, se sont engagés dans les tâches, ont su mettre en place des stratégies pour répondre aux mieux aux objectifs de chaque investigation demandée et ont appris à travailler en groupe. Mais aussi, ils ont été capables d'aller chercher des informations dont ils avaient besoin, ont réussi à rapprocher une situation inconnue proche d'une situation connue sans aide de ma part et ils m'ont de moins en moins sollicitée. On peut donc parler de développement de l'autonomie en rapport avec un travail par la démarche expérimentale.

Cependant, on ne peut généraliser, et c'est la limite de mon travail de recherche, car il faudrait pouvoir mener cette étude avec d'autres groupes, d'autres classes, d'autres enseignants et sur d'autres sujets. Par ailleurs, on ne peut pas être sûr que ce soit uniquement le fait de travailler en démarche expérimentale qui favorise l'autonomie. Ce que j'ai pu constater est juste une corrélation mais pas un lien de cause à effet. Il y a aussi peut-être un effet lié aux élèves, à moi ou à l'interaction entre les deux. Ensuite, même si j'ai prévu une méthodologie qui limite les effets d'automatismes, les premières séances peuvent tout de même avoir servi à instaurer des règles du jeu dans la classe. En effet, les élèves ont pu apprendre ces règles, spécifiques à un travail scientifique, ce qui leur a permis de répondre plus rapidement à mes attentes les fois d'après. C'est ce que l'on appelle le contrat didactique. D'autre part, la diminution du temps d'appropriation du sujet et de formulation des hypothèses par les élèves est peut-être dépendante du sujet lui-même, mais aussi de la manière dont il est formulé et présenté aux élèves.

Parallèlement, ce travail m'a apporté plusieurs réponses tant sur le niveau personnel que sur le niveau professionnel. Tout d'abord, du point de vue de ce dernier, je me suis vraiment rendue compte, en mettant en place un tel dispositif, que le travail de groupe

pouvait être nécessaire à une bonne relation entre les élèves. Le double niveau dans la classe a souvent tendance à la séparer en deux, sur le plan des apprentissages et sur le plan cognitif. La pratique de sciences permet de travailler tous ensemble, car les compétences à développer au sein du cycle 2 sont très proches, d'une façon complètement différente de celle des autres disciplines et c'est plus agréable de s'adresser à un groupe classe complet. De plus, la mise en place de démarches expérimentales rend les élèves vraiment passionnés par les situations concrètes qu'elles proposent et ainsi, ils s'impliquent davantage, se posent des questions et ont envie de progresser. Je pense que je ferai l'effort de proposer le plus possible de manipulations dans les autres disciplines. Cependant, le travail de groupe n'est pas inné et est, je trouve, difficile à mettre en place. Ayant des élèves très agités, il a été compliqué au début d'apprendre aux élèves que, malgré la configuration spatiale de la salle qui s'y prête, on est par quatre pour travailler et pas pour s'amuser ou discuter. Pour autant, c'est un dispositif que je continue d'utiliser et que je trouve très bénéfique pour les élèves. Aussi, le fait de ne pas les avoir de façon frontale fait que la relation de confiance, nécessaire entre les élèves et moi pour une bonne ambiance de classe, est plus facile à instaurer.

Du côté personnel, j'ai été très enthousiaste à l'idée de mettre en place des expériences avec mes élèves. J'ai toujours aimé les sciences et notamment ce côté concret des manipulations. Ce travail m'aura permis d'apprendre à adapter ce que j'ai pu acquérir durant mon cursus universitaire et les connaissances scientifiques dont je dispose, à des enfants de 6-7 ans. De plus, le plein d'enthousiasme que j'ai pu observer chez les élèves durant toutes les séances m'a fait plaisir et m'a renforcée dans l'idée que je voulais vraiment faire aimer l'école et transmettre mes connaissances à des enfants.

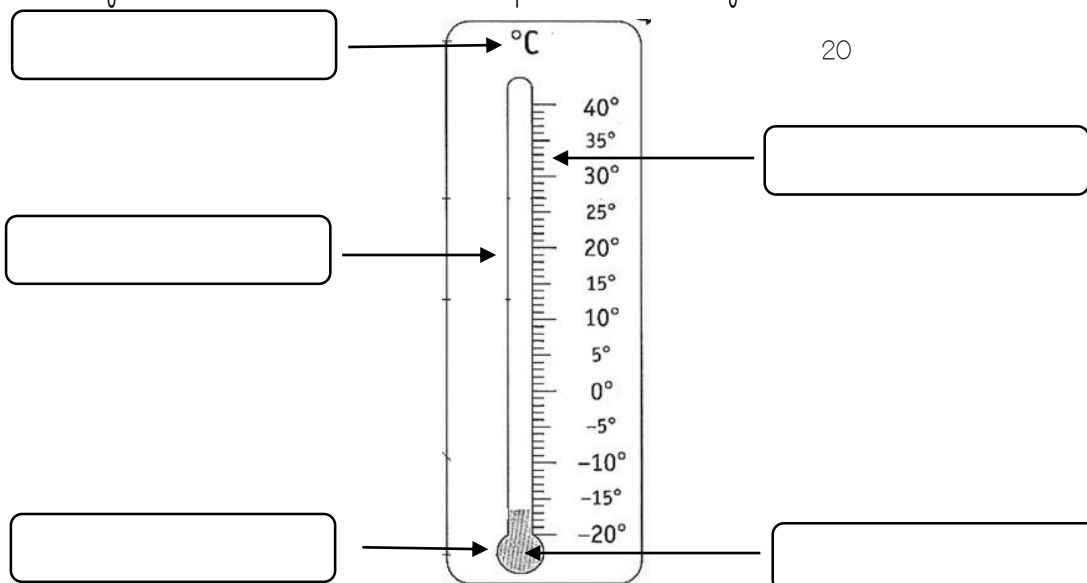
Pour finir, je pense qu'il serait intéressant de continuer ce travail sur une année complète avec plus de séances, sur différentes classes et autour de différentes disciplines afin de vraiment apprendre aux élèves à avoir un comportement autonome et de renforcer ce travail coopératif qui n'est que bénéfique pour eux.

Annexes

Annexe 1 : Trace écrite séance n°1

Le thermomètre (document élève)

- Complète la légende à côté de chaque flèche avec les mots suivants :
degré Celsius - réservoir - liquide coloré - graduation - tube en verre



- Complète la leçon avec les mots suivants :
graduation - liquide coloré - température - réservoir - descend - monte

Pour lire la _____ sur un thermomètre, il faut regarder à quelle _____ est arrivé le _____.

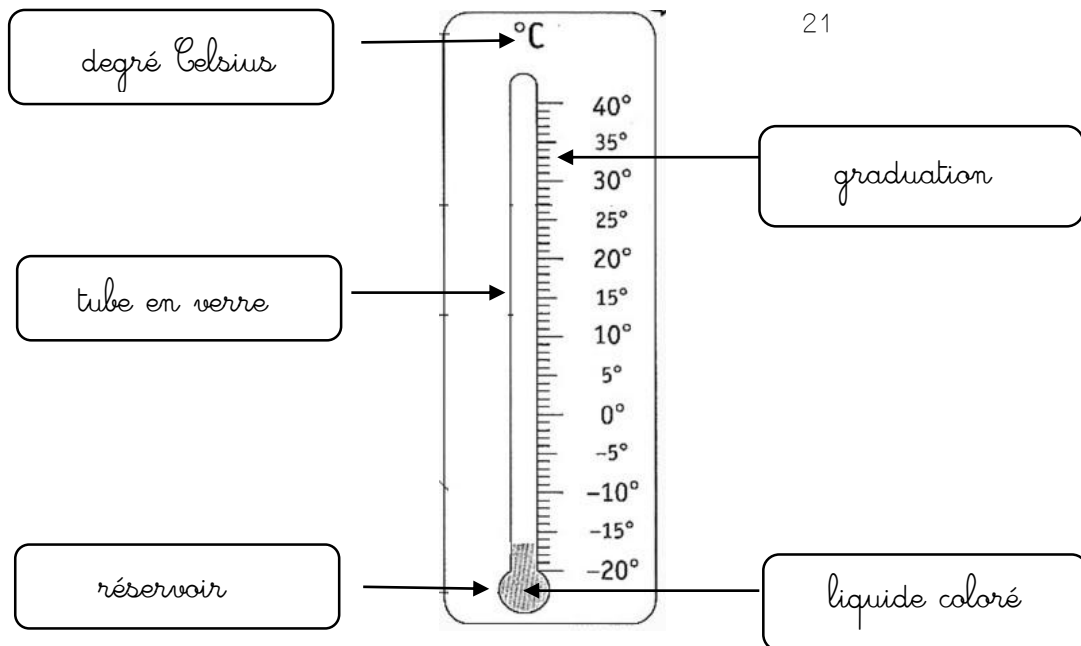
Pour que le niveau du liquide coloré varie dans le tube en verre, il faut refroidir ou chauffer le _____ du thermomètre :

- lorsque qu'il fait chaud, le liquide coloré _____ dans le tube en verre ;
- lorsqu'il fait froid, le liquide coloré _____ dans le tube en verre.

²⁰ L'image du thermomètre provient du site http://lutinbazar.fr/wp-content/uploads/2015/04/S3_Fiche-3_CP-LB.pdf consulté le 10/02/16

Le thermomètre (document enseignant)

- Complète la légende à côté de chaque flèche avec les mots suivants :
degré Celsius - réservoir - liquide coloré - graduation - tube en verre



- Complète la leçon avec les mots suivants :
graduation - liquide coloré - température - réservoir - descend - monte

Pour lire la température sur un thermomètre, il faut regarder à quelle graduation est arrivé le liquide coloré.

Pour que le niveau du liquide coloré varie dans le tube en verre, il faut refroidir ou chauffer le réservoir du thermomètre :

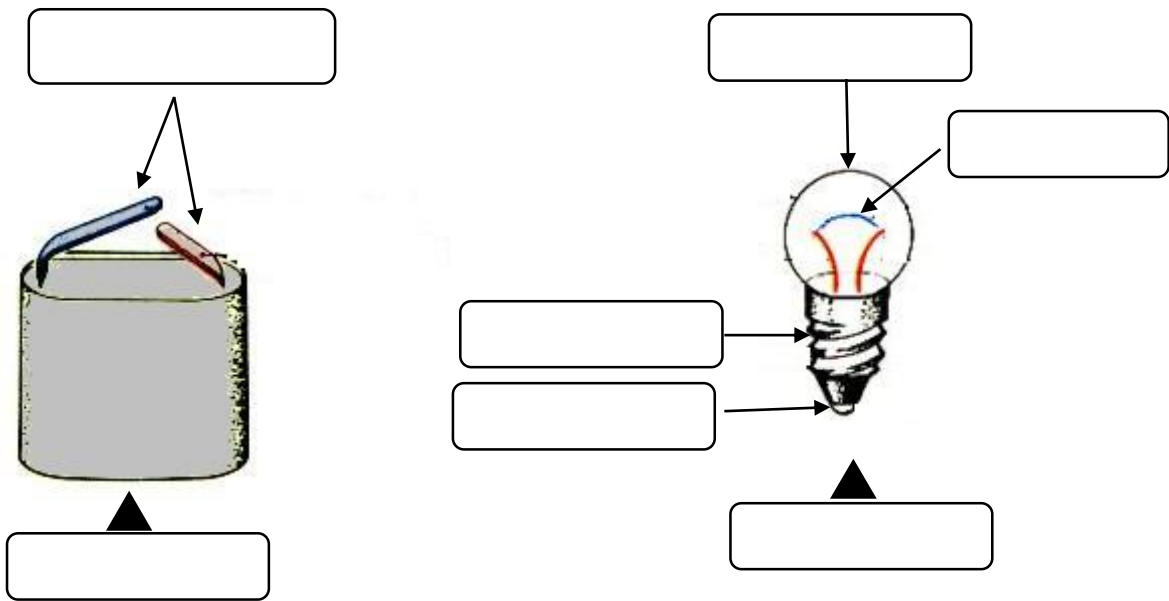
- lorsque qu'il fait chaud, le liquide coloré monte dans le tube en verre ;
- lorsqu'il fait froid, le liquide coloré descend dans le tube en verre.

²¹ L'image du thermomètre provient du site http://lutinbazar.fr/wp-content/uploads/2015/04/S3_Fiche-3_CP-LB.pdf consulté le 10/02/16

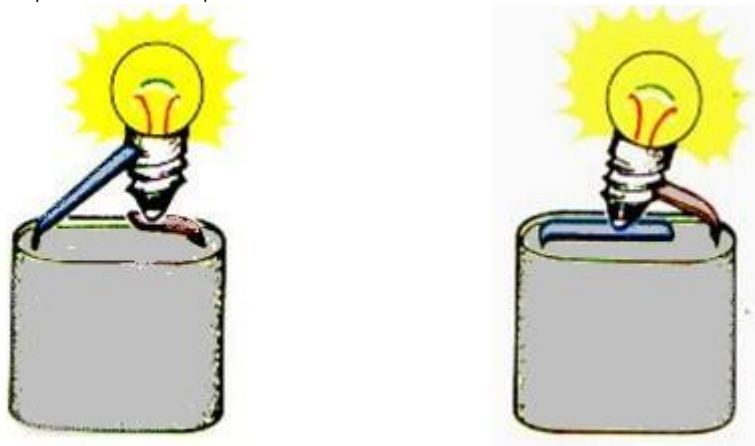
Annexe 2 : Trace écrite séance n°4

L'ampoule et la pile plate (document élève)

- Complète la légende à côté de chaque flèche avec les mots suivants :
lamelles - pile plate - culot - ampoule - filament - globe en verre - plot



- Pour allumer l'ampoule avec une pile plate, une lamelle de la pile doit toucher le plot de l'ampoule et l'autre lamelle doit toucher le culot.

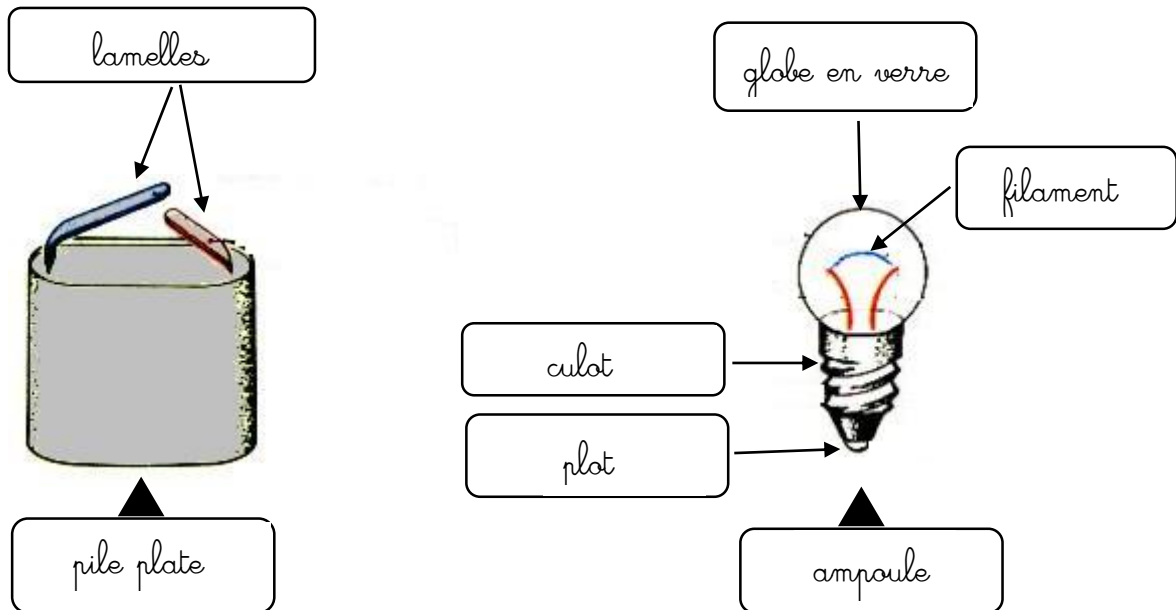


22

²² Les images proviennent du site : <http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm>
Consulté le 05/03/2016

L'ampoule et la pile plate (document enseignant)

- Complète la légende à côté de chaque flèche avec les mots suivants :
lamelles - pile plate - culot - ampoule - filament - globe en verre - plot



- Pour allumer l'ampoule avec une pile plate, une lamelle de la pile doit toucher le plot de l'ampoule et l'autre lamelle doit toucher le culot.



23

²³ Les images proviennent du site : <http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm>
Consulté le 05/03/2016

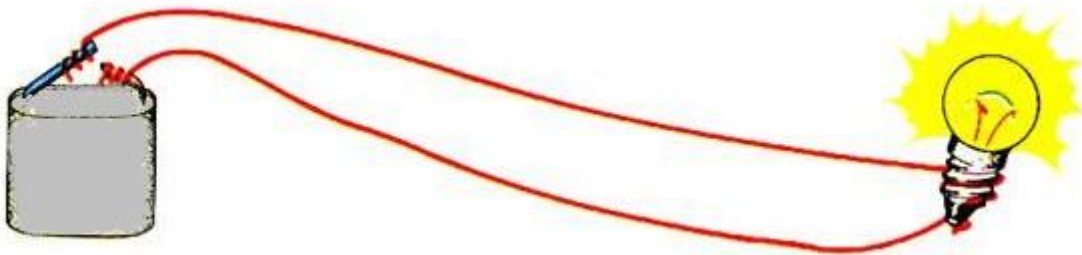
Annexe 3 : Trace écrite séance n°5

Allumer l'ampoule loin de la pile (document élève)

- Complète la leçon avec les mots suivants :

conducteurs - culot - lamelles - plot

Pour allumer une ampoule qui est loin de la pile, il faut relier le _____ et le _____ de l'ampoule avec les _____ de la pile grâce à des matériaux _____ comme les fils électriques.



- Complète les deux phrases avec *isolant* ou *conducteur*.

Un matériau _____ laisse passer le courant, l'ampoule brille.

Un matériau _____ ne laisse pas passer le courant, l'ampoule ne brille pas.

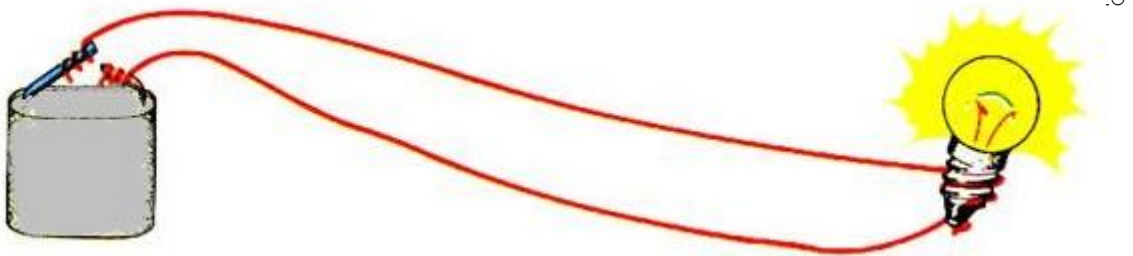
²⁴ Les images proviennent du site : <http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm>
Consulté le 10/03/2016

Allumer l'ampoule loin de la pile (document enseignant)

- Complète la leçon avec les mots suivants :

conducteurs - culot - lamelles - plot

Pour allumer une ampoule qui est loin de la pile, il faut relier le plot et le culot de l'ampoule avec les lamelles de la pile grâce à des matériaux conducteurs comme les fils électriques.



- Complète les deux phrases avec *isolant* ou *conducteur*.

Un matériau conducteur laisse passer le courant, l'ampoule brille.

Un matériau isolant ne laisse pas passer le courant, l'ampoule ne brille pas.

²⁵ Les images proviennent du site : <http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm>
Consulté le 10/03/2016

Annexe 4 : Trace écrite séance n°6

L'interrupteur (document élève)

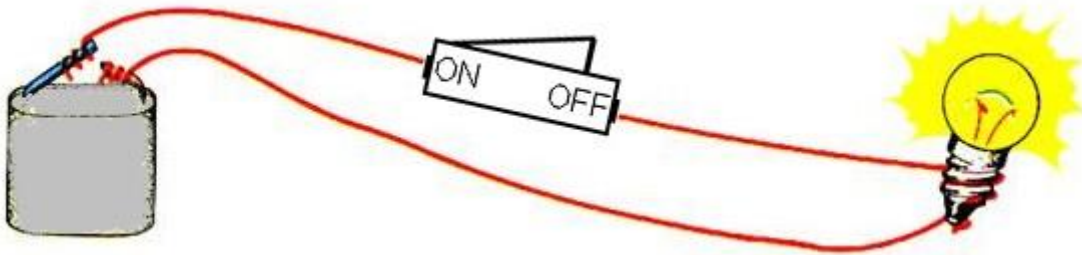
Complète la leçon avec les mots suivants :

ouvert - ON - fermé - OFF

Lorsque l'ampoule brille, l'interrupteur est sur « ____ », on dit qu'il est _____, le courant passe.

Au contraire, quand l'ampoule ne brille pas, l'interrupteur est sur « ____ », on dit qu'il est _____, le courant ne passe pas.

26



²⁶ Les images de la pile et de l'ampoule proviennent du site :

<http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm> Consulté le 10/03/2016
L'interrupteur a été rajouté par moi-même.

L'interrupteur (document enseignant)

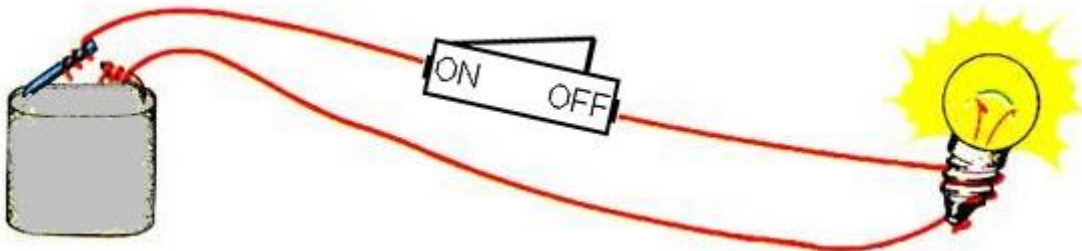
Complète la leçon avec les mots suivants :

ouvert - ON - fermé - OFF

Lorsque l'ampoule brille, l'interrupteur est sur « ON », on dit qu'il est fermé, le courant passe.

Au contraire, quand l'ampoule ne brille pas, l'interrupteur est sur « OFF », on dit qu'il est ouvert, le courant ne passe pas.

27



²⁷ Les images de la pile et de l'ampoule proviennent du site :

<http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm> Consulté le 10/03/2016
L'interrupteur a été rajouté par moi-même.

Bibliographie

ASTOLFI, Jean-Pierre, PETERFALVI, Brigitte et VERIN Anne. *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz, 2001. Pédagogie.

BLANQUET, Estelle. *La construction de critères de scientificité pour la démarche d'investigation : une approche pragmatique pour l'enseignement de la physique à l'école primaire*. Thèse. Université Nice Sophia Antipolis, 2014.

CHARPAK, George. *Les sciences à l'école primaire*. Mayenne : Flammarion, novembre 1996. La main à la pâte.

DE VECCHI Gérard, CARMONA-MAGNALDI Nicole, Faire construire des savoirs, p.127

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris : Belin, 1999, capitolo 2 pagine 48-57

GRATIAN Michel, MATEU Isabelle, MORVAN Michel et MORVAN Yves. *J'apprends les Sciences par l'expérience*. Paris : Belin, 2005

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DU MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE. Bulletin officiel, hors-série n°3, 19-06-2008, p. 18-20.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DU MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE. Bulletin officiel n°1, 05-01-2012, p. 6-7.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DU MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE. Le socle commun des connaissances et des compétences, Décret du 11 juillet 2006.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DU MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE. Note de service N°2000-078, 08/06/2000.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. « *L'autonomie et le travail personnel des élèves* » - *Disciplines scientifiques en lycée*

PELISSIER Lionel, VENTURINI Patrice. *Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission savoirs épistémologiques ?*. UMR EFTS, Université de Toulouse.

THOMAS, Adèle. *L'expérimentation en classe de sciences*. Mémoire éducation. 2012. <dumas-00833262>

VYGOTSKI Lev. *Pensée et langage* (traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève). Paris : éditions sociales, 1985

Sitographie

ASTOLFI Jean-Pierre, DAROT, GINSBURGER-VOGEL Yvette, TOUSSAINT Jacques, « Chapitre 14. Problème et situation-problème », *Mots-clés de la didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, «Pratiques pédagogiques », 2008. [Consulté le 02.05.16]. Disponible sur le Web : www.cairn.info/mots-cles-de-la-didactique-des-sciences--9782804157166-page-137.htm

INSPECTEUR DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Lettre pédagogique n°9, 05-01-2011. [Consulté le 12.03.16]. Disponible sur le Web : http://pedagogie.ac-toulouse.fr/ien82-moissac/IMG/pdf/lettre_pedagogique_no9.pdf

LAHIRE, Bernard. La construction de l'« autonomie » à l'école primaire : entre savoirs et pouvoirs. *Revue Française de Pédagogie*. 2001, n° 134, p. 151-161. [Consulté le 30/03/16]. Disponible sur le Web : http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP_RF135_22.pdf

LAROUSSE. [Consulté le 10.05.16]. Disponible sur le Web : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/automatisme/6755?q=automatisme#6727>

Lutin Bazar [en ligne]. [Consulté le 10.02.2016]. Disponible sur le Web : http://lutinbazar.fr/wp-content/uploads/2015/04/S3_Fiche-3_CP-LB.pdf

MEIRIEU Philippe. *Meirieu* [en ligne]. [Consulté le 10.04.2016]. Disponible sur le Web : <http://www.meirieu.com/CLASSEAUQUOTIDIEN/formationautonomie.htm>

MEIRIEU Philippe. *Meirieu* [en ligne]. [Consulté le 10.04.2016]. Disponible sur le Web : <http://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/autonomie.htm>

MINISTERE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Éduscol, informer et accompagner les professionnels de l'éducation [en ligne]. 23 mars 2001, 13 septembre 2009 [consulté le 18.02.16]. Disponible sur le Web : <http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0du-questionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>

Warmaths [en ligne]. [Consulté le 05.03.2016 et le 10.03.2016]. Disponible sur le Web : <http://www.warmaths.fr/SCIENCES/Elec/circuits%20not.htm>