



HAL
open science

Conception et mise en œuvre d'un enseignement par démarche d'investigation répondant à des critères de scientificité issus d'un modèle épistémologique pragmatique

Pierre Barthié-Fortassin

► To cite this version:

Pierre Barthié-Fortassin. Conception et mise en œuvre d'un enseignement par démarche d'investigation répondant à des critères de scientificité issus d'un modèle épistémologique pragmatique. Education. 2016. dumas-01704243

HAL Id: dumas-01704243

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01704243>

Submitted on 8 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



École supérieure
du professorat
et de l'éducation
Académie de Toulouse



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

Mention

Premier degré

Parcours

B

Domaine de recherche : Sciences

Centre : Auch

MEMOIRE

Conception et mise en œuvre d'un enseignement par démarche
d'investigation répondant à des critères de scientificité issus d'un
modèle épistémologique pragmatique

Pierre BARTHIE-FORTASSIN

Directeur de mémoire

(en précisant le statut)

Lionel PELISSIER, Maître de conférences,
ESPE Toulouse Midi-Pyrénées

Co-directeur de mémoire

(en précisant le statut)

Membres du jury de soutenance (en précisant le statut)

- Lionel PELISSIER, Maître de conférences, ESPE Toulouse Midi-Pyrénées
- Alain RABIER, PRAG, ESPE Toulouse Midi-Pyrénées
-
-

Soutenu le

23 juin 2016

Année universitaire 2015-2016

SOMMAIRE

<u>Introduction</u>	1
<u>1- Cadre théorique d'un point de vue épistémologique</u>	3
<u>1.1- La démarche d'investigation</u>	3
<u>1.2- La nature de la science</u>	6
<u>1.3- Les critères de scientificité</u>	8
<u>2- Conception de la démarche d'investigation en lien avec les trois critères de scientificité</u>	11
<u>3- Recueil de données</u>	17
<u>4- Analyse des résultats</u>	18
<u>4.1- Structuration de la démarche d'investigation en épisodes</u>	18
<u>4.2- Analyse de ces épisodes en lien avec les trois critères de scientificité</u>	23
<u>4.2.1- Primauté de l'expérience</u>	24
<u>4.2.2- Robustesse</u>	26
<u>4.2.3- Reproductibilité ou répétabilité de l'expérience</u>	28
<u>5- Discussion / Conclusion</u>	30
<u>Bibliographie</u>	35
<u>Annexes</u>	

Dès l'école maternelle, l'enseignement des sciences, comme beaucoup d'autres domaines a pour finalité de participer à l'éveil de la curiosité et au développement du langage. Il est, dans une première approche, plus évident pour l'élève de commenter ses actions (les gestes, les objets manipulés). Cependant, il est important de ne pas négliger les évocations vécues dans un passé proche. Les interactions, les échanges entre l'adulte et les élèves vont permettre à ces derniers de s'engager dans une position d'analyse et d'adopter une attitude réflexive. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation semble se donner pour finalité de permettre à l'élève de donner du sens au monde qui l'entoure et d'en comprendre les finalités. De plus, à travers leurs propres expériences et les échanges entre pairs, ce mode d'enseignement vise à ce que les élèves construisent des modèles explicatifs à partir des activités. En effet dans la résolution d'une tâche, émettre des hypothèses dans le but de valider ou d'invalider un protocole, expérimenter, faire des recherches documentaires permettent à l'élève de se sentir acteur de son apprentissage.

Dans le cadre de notre formation à l'École Supérieure du Professorat et de l'Éducation, nous avons pu découvrir la démarche scientifique par le biais de la démarche d'investigation. Elle se fonde sur les conceptions initiales des élèves pour arriver à une connaissance scientifique en utilisant l'observation, le questionnement et l'expérimentation. De ce fait, nous nous sommes questionnés sur l'enseignement des sciences à l'école primaire.

D'après les programmes officiels du ministère de l'éducation nationale (BOEN n°3 du 19 juin 2008, p.24), à l'école maternelle et élémentaire, l'enseignement des sciences expérimentales et des technologies apprend aux élèves à être responsable face à l'environnement, au monde vivant et à la santé. *« Les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui, et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine »*. De plus, *« Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de la Main à la pâte, sont essentiels pour atteindre ces buts ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique »*.

Entreprendre une démarche d'investigation en classe nécessite d'acquérir pour les enseignants des connaissances scientifiques mais également d'avoir une représentation sur ce qu'est la

nature de la science parce ce qu'elle puise ses origines dans des modèles épistémologiques de l'activité scientifique. Nous avons pu remarquer de manière informelle que de nombreux professeurs des écoles sont frileux à l'idée de mettre en œuvre cette démarche, soit par manque de connaissances scientifiques soit par crainte de se laisser déborder. Estelle Blanquet précise à ce sujet dans sa thèse (2014, p.17) que « *les enseignants du primaire ont une vision "non adéquate" ou confuse de ce qu'est la science* ».

Dans un premier temps, nous allons développer les fondements scientifiques, liés à la démarche d'investigation, d'un point de vue épistémologique. Tout d'abord, nous aborderons l'évolution de l'enseignement des sciences en se référant aux instructions officielles et aux travaux de plusieurs chercheurs avant de détailler explicitement les différentes phases que comporte la démarche d'investigation. Puis, nous poursuivrons notre recherche sur la manière dont les élèves acquièrent des notions sur la nature de la science d'un point de vue épistémologique. Nous allons alors définir ce qu'est un critère de scientificité en portant notre regard sur trois de ces critères qui sont la primauté de l'expérience, la robustesse et la reproductibilité de l'expérience.

Dans un second temps, nous présenterons la manière dont nous avons conçu notre démarche d'investigation dans le but de mettre en exergue ces trois critères. La partie suivante correspondra à la mise en œuvre de cette séance dans une classe d'école élémentaire. Ce travail a permis de recueillir des données par le biais d'enregistrements sonores et de traces écrites des élèves.

Nous procéderons alors à une analyse à posteriori de la séance en mettant en évidence les résultats collectés avec en premier lieu le découpage de cette séance en plusieurs épisodes suivi de l'analyse détaillée des trois critères de scientificité.

Nous finirons ce travail de recherche par une discussion en comparant deux démarches d'investigation mettant en jeu ces trois critères, en énonçant d'autres critères remarquables au cours de celles-ci.

1- Cadre théorique d'un point de vue épistémologique

1.1- La démarche d'investigation

L'enseignement des sciences, depuis près de vingt ans, a connu de nombreuses réformes pour répondre aux exigences actuelles prônant la démarche scientifique. En effet, selon André LAUGIER (2004, p.77), « *la réflexion sur les programmes qui accompagnent ces tentatives de rénovation se caractérise par un déplacement d'une culture des savoirs disciplinaires vers une culture des démarches d'apprentissage* ».

Ce changement s'opère au niveau de la posture de l'enseignant et de la tâche de l'élève. Longtemps mis en place, le modèle d'enseignement transmissif où l'enseignant expose et explique une notion scientifique, inspiré des travaux de John LOCKE (1693), connaît certaines limites. Patrice VENTURINI (2012, p.9) précise que « *les situations traditionnelles d'enseignement mettent fréquemment l'accent sur la mémorisation et l'utilisation de procédures, et de ce fait, permettent peu au citoyen de demain de développer les capacités (de créativité, d'innovation, de communication, de collaboration, d'autonomie et de pensée critique)* ».

De plus, le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (BOEN n° 23 du 15 juin 2000) affirme qu' « *au cours des dernières années, est apparue une réelle convergence de points de vues, sur l'esprit dans lequel devaient être conduits les enseignements scientifiques à l'école* ». Ce même bulletin officiel stipule qu' « *un accord assez unanime s'établit notamment autour de la nécessité de rendre plus effectif l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école* » (ibid.).

À la lumière des travaux de Piaget (1975) et Vygotski (1936), une nouvelle approche de l'enseignement, inspiré du modèle socio-constructiviste consiste à favoriser l'apprentissage de l'élève via l'adaptation à un milieu en lien avec les activités de langage propre au contexte de travail. De ce fait, par l'intermédiaire de ses tâtonnements, ses hypothèses, ses erreurs, l'élève participe à la construction de significations en lien avec un savoir et en comprend la portée. Vygotski (ibid) affirme que « *le seul apprentissage valable pendant l'enfance est celui qui anticipe sur le développement et le fait progresser* ».

Les programmes d'enseignement dans le premier degré (BOEN hors-série n°1 du 14 février 2002) mettent en avant cette volonté en incluant la démarche d'investigation dans les

programmes de sciences et technologie. Ces derniers mettent en avant le fait qu'il est important de développer « *une démarche constructive d'investigation débouchant sur la construction des savoir-faire, des connaissances et des repères culturels. Les compétences et les connaissances sont construites dans le cadre d'une méthode qui permet d'articuler questionnement sur le monde et démarche d'investigation. Les connaissances proposées sont d'autant mieux assimilées qu'elles sont nées de questions qui se sont posées à l'occasion de manipulations, d'observations et de mesures* ».

Les programmes de 2008 (BOEN n°3 du 19 juin 2008, p.24) précise les liens entre démarche d'investigation et activité scientifique : « *Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de la Main à la pâte sont essentiels pour atteindre ces buts (comprendre et décrire le monde réel, distinguer faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part) ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique* ».

Selon ces instructions, l'enseignant doit proposer des situations d'apprentissage permettant à l'élève de se questionner sur un problème et d'essayer de le résoudre en passant si possible par une démarche de preuve mettant en jeu un protocole expérimental. Bernard Calmettes (2009, p.139/140) fait référence aux sept points développés pour la démarche d'investigation dans les programmes officiels du collège (BOEN spécial n°6 du 28 août 2008, p.4).

Ces sept points de repères sont :

- Le choix d'une situation problème par le professeur des écoles
- L'appropriation du problème par les élèves
- La formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles
- L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves
- L'échange argumenté autour des propositions élaborées
- L'acquisition et la structuration des connaissances
- L'opérationnalisation des connaissances.

Le choix de la situation-problème est déterminé en fonction des objectifs à atteindre. Elle peut s'organiser autour d'un obstacle épistémologique. Selon Viennot (1996, p.12), l'enseignement doit être conçu en tenant compte des conceptions initiales. Ces dernières sont construites

selon le contexte socioculturel et l'environnement proche de l'élève. Ces conceptions lui sont affiliées et évoluent au cours de l'apprentissage pour arriver à une connaissance scientifique. Cette situation-problème « *développe la curiosité* » chez les élèves comme le témoigne le site du ministère de l'éducation nationale sur l'enseignement des sciences. Selon Duggan et Gott (1995, p.137-147), une activité d'investigation en classe est définie comme étant « *une sorte de problème pour lequel les élèves ne peuvent immédiatement voir la réponse ou se rappeler la méthode à mettre en œuvre pour arriver à la connaissance scientifique* ».

La seconde phase est l'appropriation du problème par les élèves, qui peut se faire de façon individuelle ou collective. Ce bulletin officiel énonce la possibilité de guidage de l'enseignant dans le but de « *faire reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous. Ce guidage ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales mais au contraire à faire naître le questionnement* ».

Toujours selon les instructions officielles (BOEN spécial n°6 du 28 août 2008), les élèves formulent, de manière orale ou écrite, des conjectures ou des hypothèses. Ces dernières peuvent être communiquées à la classe ainsi que les protocoles expérimentaux proposés. L'objectif est aussi de faire travailler les élèves en petits groupes ce qui permet une écoute de l'autre et une confrontation des idées afin de construire le protocole et de choisir la meilleure solution parmi plusieurs pour résoudre l'énoncé. Cette phase développe une ouverture et un esprit critique chez l'élève. Comme le signale Bachelard (1938) « *Quoi qu'on dise dans la vie scientifique les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes et c'est ce sens du problème qui porte la marque d'un véritable esprit scientifique* ».

L'objet de l'étape suivante va être, pour les élèves, de réaliser l'expérience proposée dans le but de valider leurs hypothèses. L'enseignant a uniquement un rôle de guide en assurant la sécurité des élèves lors des expériences. Il les laisse aller au bout de leur raisonnement.

La présentation des hypothèses, du protocole et de l'expérience réalisée vont permettre aux différents groupes de confronter leurs résultats. Savoir si l'expérience fonctionne vraiment ou non, d'émettre même d'autres hypothèses permettant d'aboutir au bon résultat. Ce débat collectif est constructif à l'ensemble de la classe. « *Les élèves ont déjà conscience que c'est dans ces tâtonnements expérimentaux qu'ils vont trouver le moyen de résoudre le problème* » écrit Laugier (2004, p.87).

Une fois l'expérience validée par tous les élèves et l'enseignant, chaque groupe va d'une part réécrire le protocole adéquat permettant de répondre à la situation problème et d'autre part réaliser l'expérience.

En dernier lieu il y a la phase d'institutionnalisation, l'élève va rédiger dans son cahier d'expérience ce qu'il a appris au cours de cette démarche. Les protocoles intermédiaires (corrects et erronés) et les hypothèses figureront également dans le cahier, montrant l'investigation faite.

L'articulation de ces différentes phases de la démarche d'investigation permet d'aboutir à la construction d'un raisonnement scientifique. Effectivement, la pratique récurrente de la démarche scientifique semble permettre de mieux appréhender les concepts, les méthodes et les savoir-faire scientifiques. Il s'agit de notions propres à la nature de la science.

1.2- La nature de la science

En France, bien que les objectifs de nature épistémologique apparaissent dans les objectifs généraux des programmes de l'éducation nationale au niveau collège et lycée, ces objectifs ne sont pas clairement définis pour l'école primaire. Cependant dans le bulletin officiel du ministère de l'éducation nationale du 19 juin 2008, il y a des éléments qui montrent que l'élève doit acquérir des notions concernant la nature de la science. En effet, le professeur des écoles doit « *faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables et entre opinions et croyances* ». De plus, la démarche d'investigation est définie comme une démarche scientifique combinant différentes phases telles que l'observation, le questionnement, l'expérimentation et l'argumentation. L'ensemble de ces étapes a pour but d'amener les élèves à vivre des situations d'apprentissage amenant à la résolution de questions scientifiques. Comme le souligne Pélissier et Venturini (2012) « *il s'agirait donc d'utiliser la démarche d'investigation comme une approche pédagogique qui permettrait aux élèves, en les mettant en situation de pratiquer la science, de mieux apprendre les concepts, les méthodes et les savoir-faire scientifiques* ».

L'enseignement des sciences serait donc l'occasion de faire comprendre aux élèves comment fonctionne la science. Le professeur des écoles doit donc faire acquérir aux élèves des notions sur la nature de la science d'un point de vue épistémologique.¹

En mettant en place une démarche d'investigation dans la classe, nous voulons construire implicitement avec les élèves une idée de la nature de la science et les mettre dans une situation analogue aux scientifiques pour leur montrer comment ils travaillent. Cette construction pourrait se faire par le biais de la multiplication de démarches scientifiques en enseignement de science à l'école primaire, dans la mesure où il n'est pas question dans les programmes de rendre la nature de la science explicite dans la classe.

De plus, en ce qui concerne la nature de la science, plusieurs chercheurs tels que Désautels et Larochelle (1989) mettent en avant les difficultés qu'ont les élèves à concevoir, d'un point de vue épistémologique, des connaissances sur la nature de la science. À travers leur recherche, ils pointent du doigt de nombreux points où les élèves du secondaire manquent de connaissances :

- Le rôle de la créativité en science
- La fonction des modèles en science
- Le rôle des théories et leur relation avec la recherche
- La distinction entre les hypothèses, les lois et les théories
- Les relations entre l'expérimentation, les modèles, les théories et la vérité absolue
- Le fait que la science n'est pas concernée seulement par la collecte et la classification des faits
- L'explication scientifique, les interrelations et interdépendances entre les différents domaines de la science
- L'élaboration du savoir scientifique

À partir de la thèse d'Estelle Blanquet (2014), nous avons pu repérer des éléments appartenant à la nature de la science et qui peuvent être travaillés avec des élèves à l'école primaire. En effet, le rôle de l'enseignant est d'une part d'apporter des connaissances scientifiques à l'élève

¹ « Par épistémologie, il faut entendre le domaine d'étude qui construit un discours de nature philosophique à la fois réflexif et critique sur la science et sur ses pratiques ». (Pelissier et Venturini, *ibid*).

pour comprendre le monde qui l'entoure et son fonctionnement, mais d'autre part de développer chez lui des éléments pouvant être considérés comme scientifiques. Par exemple, nous pouvons lui faire comprendre que l'expérience scientifique permet de valider ou de réfuter une ou des hypothèses. L'élève peut alors faire le lien entre ces deux phases. Il s'agit alors d'un critère de scientificité.

1.3- Les critères de scientificité

Un critère est un principe, un élément considéré pour évaluer, analyser ou juger quelque chose. On peut donc définir un critère de scientificité comme étant une marque qui permet de discerner les productions qui peuvent être reçues comme scientifiques, et celles qui ne le peuvent pas. Estelle Blanquet (ibid) caractérise un critère de scientificité comme étant « *un test objectif qui permet de faire un tri en termes de scientificité, entre démarches et travaux recevables par la communauté scientifique, d'une part, et démarches et travaux non recevables d'autre part* ».

À l'école élémentaire, les critères de scientificité doivent être explicites et adaptés au niveau de la classe. En fonction des travaux et des démarches recevables ou non par la communauté scientifique, ils sont validés ou invalidés. Estelle Blanquet (ibid) explique que l'enseignant doit avoir établi des critères de scientificité et vérifier si son test est réalisable lors de la séance. Afin que la démarche ou le travail soit scientifiquement crédible, au vu des critères, l'élève doit avoir validé tous les critères de scientificité exigés par l'enseignant. Il n'est pas demandé au niveau de l'école primaire que l'élève sache valider par lui-même ces critères mais les programmes officiels de 2008 (BOEN n°3 du 19 juin 2008, p.24) stipule qu'il faut « *faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part /.../ c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique* ». D'après ce bulletin, les critères de scientificité permettent aux élèves d'acquérir une méthode scientifique par le biais de bonnes pratiques. On peut les classer en différents groupes : éléments méthodologiques, éléments relatifs à l'observation et à l'expérience, éléments relatifs au discours, éléments relatifs à l'argumentation et à la théorisation. Estelle Blanquet (ibid) expose trois critères de scientificité qui sont couramment utilisés par des professeurs des écoles lors de la mise en œuvre d'une démarche

d'investigation à l'école primaire. Ce sont des critères qui peuvent être mis facilement en place dans la classe.

Estelle Blanquet (ibid) explique dans sa thèse la construction des critères de scientificité utilisables à l'école primaire. Cette phase s'est déroulée en deux étapes distinctes. Tout d'abord, elle a fait une synthèse « *faisant apparaître les critères de scientificité utilisés par les scientifiques importants de l'histoire ou par les philosophes des sciences* ». Puis, à partir de cette synthèse, l'auteur a cherché à établir des critères de scientificité qui peuvent être applicables à l'école primaire. Ces critères doivent répondre à trois contraintes. Ils doivent dans un premier temps porter « *sur des pratiques particulières adaptées au niveau des élèves* », puis permettre « *de discriminer pratiques scientifiques et non scientifiques* » et enfin rester « *recevables pour la science professionnelle* ».

Nous avons axé notre étude sur trois critères de scientificité qui sont :

- **la primauté de l'expérience** : « *Les conclusions ne contredisent aucun fait d'expérience* ».

Il nous semble intéressant de travailler avec les élèves sur la primauté de l'expérience pour leur montrer que le résultat de l'expérience est plus important que l'hypothèse. Lors d'une démarche d'investigation en sciences, les élèves vont tout d'abord émettre une ou plusieurs hypothèses pour ensuite la ou les tester par le biais d'une expérience (il s'agit de la phase de validation). C'est l'expérience qui va nous permettre de valider ou de modifier l'hypothèse initiale. En effet, si l'expérience nous donne un résultat différent de celui attendu, il faut changer l'hypothèse initiale pour valider l'expérience. La primauté permet alors de travailler sur le rapport entre l'expérience et l'idée de départ. L'enseignant peut aussi amener les élèves à réfléchir sur « *qu'est-ce que je fais quand mon expérience n'est pas en accord avec les hypothèses initiales ?* » et à se questionner sur « *est-ce que le résultat obtenu est bien correct par rapport à ce que j'avais prévu ?* ».

- **la robustesse** : « *Une modification mineure des conditions de l'expérience ne modifie pas dramatiquement son résultat* ». Le fait de travailler ce critère de scientificité avec les élèves va permettre de leur faire comprendre que si on change une condition de l'expérience, la méthode sera toujours la bonne mais nous obtiendrons différents niveaux de résultats en raison de la qualité différente de support. Pour mettre en avant la robustesse, les élèves peuvent réaliser l'expérience dans des conditions et l'enseignant peut réaliser la même expérience mais dans des conditions différentes de celles des élèves. L'objectif est alors de

montrer aux élèves que la méthode est identique mais que le résultat diffère en fonction des conditions d'expérience.

- **la reproductibilité** : « *Le résultat d'une expérience ne dépend pas de l'observateur ; son énoncé peut être testé par n'importe quel observateur présent.* »

L'enseignant peut faire travailler les élèves sur la reproductibilité ou la répétabilité en faisant comprendre aux élèves que si plusieurs personnes font une expérience avec les mêmes conditions (même température, même pression.....) le résultat de l'expérience sera identique dans tous les cas. Ce critère de scientificité est assez facile à mettre en place dans une classe lors d'une démarche d'investigation. Lors de l'échange argumenté autour des propositions élaborées, les élèves par groupes vont expliciter leur hypothèse, leur expérience ainsi que le résultat obtenu. De cette phase va se dégager une expérience qui va permettre d'obtenir le résultat optimal. Après cette phase, les élèves vont tous réaliser cette expérience pour à nouveau tester la validité de cette hypothèse. Tous les groupes vont obtenir le même résultat si les conditions de l'expérience sont identiques. C'est alors que le critère de reproductibilité et de répétabilité va être travaillé.

Nous voulons donc amener les élèves à entreprendre une démarche scientifique mais plus exactement à construire des méthodes et des savoir-faire scientifiques. De ce fait, pour mieux appréhender l'élaboration de ces notions liées à la nature de la science, nous avons porté notre regard sur les trois critères de scientificité exposés précédemment. Nous pouvons alors nous interroger sur la problématique suivante :

« Comment, en tant qu'enseignant, pouvons-nous concevoir et réaliser une séance d'enseignement du type démarche d'investigation qui soit scientifiquement crédible, ou tout au moins, qui vérifie ces critères de scientificité ? ».

2- Conception de la démarche d'investigation en lien avec les trois critères de scientificité

Cette séquence portant sur les changements d'états de la matière se situe donc dans le domaine « Découvrir le monde de la matière et des objets » et s'adresse à une classe de CP.

La démarche d'investigation sur le phénomène de fusion se trouve à la séance n°2 de la séquence pédagogique.

Découvrir le monde de la matière et des objets	Les changements d'états de la matière	Cycle 2 CP
<p><u>Compétences (BO du 19 juin 2008 – BO du 5 janvier 2012)</u></p> <p><u>Découvrir le monde de la matière et des objets :</u></p> <p>Changements d'états de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 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. <p><u>Socle commun des connaissances et des compétences (2006)</u></p> <p><u>COMPETENCE 3 : Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - pratiquer une démarche scientifique : savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider, argumenter. - manipuler et expérimenter. - être précis et soigneux. <p><u>COMPETENCE 6 : Les compétences sociales et civiques.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - respecter les autres et les règles de la vie collective. <p><u>COMPETENCE 7 : Autonomie et initiative.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - échanger, questionner, justifier un point de vue. - travailler en groupe, s'engager dans un projet. 		
<u>Séance 1</u>	Découvrir les états de l'eau dans la nature	50 min
<u>Séance 2</u>	Découvrir la fusion : démarche d'investigation	60 min
<u>Séance 3</u>	Savoir utiliser un thermomètre	50 min
<u>Séance 4</u>	Découvrir la solidification	50 min

<u>Thème</u> : Les changements d'états de la matière		<u>Classe</u> : CP	Séance n°2	
<u>Objectif général de la séance</u> :			<u>Durée</u> : 1h	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Observer la fusion de l'eau 				
<u>Objectifs spécifiques de la séance</u> :		<u>Pré-requis</u> :		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mener une démarche d'investigation ➤ Emettre une hypothèse et expérimenter pour la vérifier ➤ Utiliser un thermomètre 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Repérer et distinguer des solides et des liquides ➤ Savoir que l'eau, sous forme liquide et sous forme de glace, est une même substance 		
<u>Matériels</u> :				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Glaçons ➤ Pots en verre ➤ Bouilloire, laine, lampe 				
<u>Durée</u>	<u>Phases de l'apprentissage</u>	<u>Activité de l'enseignant</u>	<u>Activités des élèves</u>	<u>Organisation et Matériels</u>
5'	<p><u>Phase 1</u> :</p> <p>Phase de rappel</p> <p>Présentation de la situation déclenchante ou situation-problème</p>	<p>→ L'enseignant rappelle ce qui a été fait la séance précédente :</p> <p>« Qu'avons-nous appris la dernière fois ? »</p> <p>« Qu'avons-nous observé en fin de séance ? »</p> <p>→ Il présente la situation-problème :</p> <p>Aujourd'hui, je vais vous lancer un défi :</p> <p>« Comment faire fondre un glaçon le plus vite possible ? »</p>	<p>→ Les élèves répondent aux questions de l'enseignant.</p> <p>→ Réponses attendues :</p> <p>- Nous avons appris que l'eau peut se trouver à l'état solide ou à l'état liquide.</p> <p>- Nous avons dit que les glaçons fondent. C'est de l'eau qui passe de l'état solide à l'état liquide.</p>	<p>Phase collective</p> <p>Phase Orale</p>

10'	<p style="text-align: center;"><u>Phase 2 :</u></p> <p style="text-align: center;">Appropriation du problème par les élèves</p>	<p>→L'enseignant demande à des élèves de reformuler la situation pour s'assurer qu'elle ait du sens.</p> <p>→Il guide les élèves à faire émerger leurs représentations initiales pour qu'ils puissent plus tard constater l'évolution entre les hypothèses initiales et l'hypothèse finale.</p> <p>Différenciation pédagogique : Préparer des pistes de réponses si les élèves n'arrivent pas à émettre des hypothèses (en rapport avec le sujet ou non). Un élève en difficulté peut choisir une hypothèse dans une liste proposée : mettre le glaçon dans de l'eau froide ou chaude, à l'extérieur, dans de la laine (isolant), sous une lampe...</p>	<p>→Les élèves s'approprient le problème en le reformulant et en cherchant à émettre des hypothèses pour résoudre le problème.</p>	<p style="text-align: center;">Phase individuelle pour que chaque élève puisse faire émerger des éléments.</p> <p style="text-align: center;">Phase écrite</p> <p style="text-align: center;">Cahier d'expérience</p>
10'	<p style="text-align: center;"><u>Phase 3 :</u></p> <p style="text-align: center;">Formulation d'hypothèses et de protocoles possibles</p>	<p>→L'enseignant constitue des groupes de 4 ou 5 élèves et s'assure de l'implication de chaque membre du groupe.</p>	<p>→Les élèves confrontent leurs hypothèses et échangent entre eux pour trouver la ou les hypothèse(s) cohérente(s).</p>	<p style="text-align: center;">Travail en groupes</p> <p style="text-align: center;">Disposition des tables en îlots pour favoriser les échanges.</p>

	<p style="text-align: center;"><u>Phase 3 :</u> Formulation d'hypothèses et de protocoles possibles (suite)</p>	<p>→Le professeur des écoles fait reformuler aux élèves l'hypothèse et le protocole proposé.</p> <p>→Enfin, il s'assure de la sécurité des expériences proposées.</p>	<p>→Ils proposent une expérience pour tester la ou les hypothèse(s).</p> <p>→ Ils notent la ou les hypothèse(s) et le protocole expérimental sur le cahier d'expérience pour conserver une trace écrite (schéma, protocole...)</p> <p>→Hypothèses attendues : Mettre le glaçon : - dans de l'eau (chaude) - dans les mains et frotter - à l'extérieur (au soleil) - sous une lampe - dans de la laine - dans la bouche (interdit)</p>	<p>Phase orale/phase écrite</p> <p>Cahier d'expérience</p>
--	---	---	---	--

15'	<p style="text-align: center;"><u>Phase 4 :</u></p> <p style="text-align: center;">L'investigation ou la résolution du problème par expérimentation</p>	<p>→L'enseignant accompagne les élèves dans la mise en œuvre du protocole expérimental.</p> <p>→Il s'assure de la sécurité dans la réalisation des expériences.</p> <p>→Le professeur des écoles amène les élèves à confronter les résultats obtenus avec celui attendu.</p>	<p>→Les élèves réalisent l'expérience.</p> <p>→ Ils exploitent le résultat obtenu et le confrontent avec celui attendu par leur(s) hypothèse(s).</p> <p>→Noter les conclusions des expériences en notant si le glaçon a fondu rapidement ou non (hypothèse valable ou non).</p>	<p>Travail en groupes</p> <p>Manipulation Phase orale/phase écrite</p> <p>Cahier d'expérience</p> <p><u>Matériels :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - eau froide et chaude - bouilloire - laine - lampe
10'	<p style="text-align: center;"><u>Phase 5 :</u></p> <p style="text-align: center;">L'échange argumenté autour des propositions élaborées</p>	<p>→L'enseignant amène les élèves à être précis et cohérent dans les formulations.</p> <p>→Il permet aux autres élèves de faire des remarques dans le but de développer un esprit critique.</p> <p>→Noter au tableau toutes les expériences réalisées.</p>	<p>→Chaque groupe va exposer ses hypothèses et son protocole expérimental.</p> <p>→Dire les conclusions de l'expérience et avoir un regard critique sur la validité de l'hypothèse et du protocole proposé.</p>	<p>Phase collective</p> <p>Phase orale</p>

<p>10'</p>	<p><u>Phase 6 :</u> Structuration des connaissances et institutionnalisation</p>	<p>→L'enseignant met en avant la solution experte (eau chaude) et montre qu'un glaçon fond plus vite dans de l'eau chaude que dans de l'eau froide (expérience). Il énonce et explique la « fusion ».</p> <p>→Prendre appui sur les formulations des élèves.</p> <p>→Il guide les élèves dans l'élaboration d'une nouvelle connaissance scientifique. Il marque le fait qu'il faut de la chaleur pour faire fondre le glaçon. Il énonce et explique la « fusion ».</p> <p>→Elaboration de la trace écrite avec les élèves.</p>	<p>→Les élèves tirent des conclusions des expériences réalisées.</p> <p>→Ils réalisent l'expérience en mettant un glaçon dans de l'eau chaude (solution experte).</p> <p>→Ils comprennent alors qu'il faut apporter de la chaleur pour faire fondre le glaçon.</p> <p>→ Ils contribuent à l'élaboration de la trace écrite.</p>	<p>Phase collective et travail en groupes</p> <p>Phase orale/écrite</p>
------------	--	--	--	---

3- Recueil de données

En amont de cette démarche d'investigation, j'ai mis en place une séance permettant aux élèves de faire la distinction entre les solides et les liquides. En effet, pour étudier le phénomène de fusion qui correspond au passage de l'état solide à l'état liquide, il est primordial de connaître ces deux états : ce sont des pré-requis. Nous avons aussi parlé du glaçon qui est l'objet d'étude de la démarche d'investigation.

J'ai choisi de travailler sur le thème « les changements d'état de la matière » car j'ai réalisé mes études universitaires dans le domaine de la Physique-Chimie. De ce fait, je maîtrise les connaissances scientifiques liées à ce thème et il est donc plus facile pour moi d'apporter des contenus et des ressources aux élèves. De plus, l'identification de ces trois critères de scientificité me paraît plus aisée dans cette démarche d'investigation.

J'ai donc réalisé cette séance dans une classe à double-niveau CP/CE1. Elle comporte 18 élèves dont quatre élèves de CE1. Pour la constitution des groupes, j'ai privilégié de placer un élève de CE1 par groupe dans le but de faciliter l'écriture des hypothèses et pour le niveau d'argumentation.

J'ai conçu la démarche d'investigation en plusieurs phases dans le but d'identifier de la meilleure façon les trois critères de scientificité : la primauté de l'expérience, la robustesse et la reproductibilité.

Pour faciliter l'analyse de cette séance à posteriori, j'ai utilisé deux dictaphones permettant de recueillir les interactions orales des élèves. Un dictaphone a été placé au sein d'un groupe et j'ai conservé l'autre dictaphone pour avoir une vision globale de la séance. J'ai aussi récupéré les traces écrites des élèves élaborées lors de la formulation des hypothèses.

La transcription écrite de la séance se trouve en Annexe 1 et les traces écrites des élèves sont présentes en Annexe 2.

4- Analyse des résultats

4.1- Structuration de la démarche d'investigation en épisodes

Pour des questions de lisibilité de l'architecture de la séance mettant en œuvre la démarche d'investigation, nous allons procéder à un découpage de la séance en plusieurs épisodes. Nous avons structuré les épisodes selon les activités des élèves au cours de la séance en lien avec les différentes étapes de la démarche d'investigation.

La séance que j'ai analysée se structure de la manière suivante :

✓ Episode 1 : Le rappel de la séance précédente

Du tour de parole n°1 à 16, j'ai fait un rappel de la séance précédente avec les élèves pour les remettre dans le contexte. En effet, nous avons rappelé la différence entre un solide et un liquide en donnant quelques caractéristiques de ces deux états. Les élèves définissent un solide et un liquide de la manière suivante : « un solide c'est dur, ça ne se casse pas facilement » et « un liquide ça coule ».

Puis, nous avons porté notre attention sur le glaçon. Les élèves savent aussi que le glaçon est à l'état solide (état initial) et fond progressivement pour devenir liquide (état final). Ces rappels en début de séance sont essentiels pour aborder le phénomène de fusion dans les meilleures conditions. Ce sont des pré-requis pour la séance mettant en œuvre la démarche d'investigation.

✓ Episode 2 : La présentation de la situation-problème

Du tour de parole n°17 à 19, il s'agit de la phase de situation-problème de la démarche d'investigation. Cette situation-problème se présente sous la forme de défi pour les élèves dans le but d'une part de motiver les élèves dans la mise en activité puis de donner un aspect concret à la situation : « Je vais vous demander de faire fondre le glaçon le plus vite possible ». Pour s'assurer de la bonne compréhension de celle-ci par tous les élèves, j'ai demandé à plusieurs d'entre eux de reformuler le problème. Par exemple, un élève m'a répondu : « On va devoir faire fondre le glaçon le plus vite ».

✓ **Episode 3 : L'appropriation du problème par les élèves**

Cette phase d'appropriation du problème n'apparaît pas dans le scénario de la démarche d'investigation car il s'agit d'une phase écrite et individuelle. Les élèves vont alors réfléchir sur le problème et essayer d'émettre des hypothèses pour faire fondre le glaçon le plus vite possible. Les élèves de CP ont alors écrit des mots clés comme « chaud » ou « eau chaude » ou encore « soleil ». Les élèves de CE1 vont plutôt avoir tendance à faire une phrase plus construite. Par exemple, un élève de CE1 a écrit « Mettre le glaçon dans de l'eau bouillante ». Si des élèves ont des difficultés pour écrire, je peux alors leur demander d'illustrer leur idée. Cette phase a pour objectif de les faire entrer en activité et de recueillir leurs conceptions initiales. Pour l'enseignant, ce recueil des conceptions initiales va permettre d'apporter des ressources aux élèves pour pallier une difficulté.

Voici certaines hypothèses qui ont été émises par les élèves lors de cette phase :

- Mettre le glaçon dans de l'eau chaude
- Mettre le glaçon au soleil
- Mettre le glaçon au four
- Mettre le glaçon au micro-onde
- Casser le glaçon et après il fond

✓ **Episode 4 : La formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles**

Du tour de parole n°20 à 156, les élèves sont désormais en groupe pour émettre une ou plusieurs hypothèses pour faire fondre le glaçon le plus rapidement possible. Ils vont échanger entre eux et se mettre d'accord sur une hypothèse et une expérience.

Dans un premier groupe (du tour de parole n°21 à 34), les élèves proposent deux hypothèses qui sont de mettre le glaçon dans de l'eau chaude et de le placer au soleil. Les élèves proposent aussi d'illustrer leurs hypothèses ce qui est très intéressant pour la formulation de celles-ci.

Dans un deuxième groupe (du tour de parole n°35 à 52), ils proposent de mettre le glaçon dans du chaud. Ils sont alors conscients que, pour faire fondre un glaçon, il faut

apporter une source de chaleur. J'ai alors questionné les élèves sur quelle source de chaleur pourrait-on apporter au glaçon pour le faire fondre : « Qu'est-ce que tu peux mettre de chaud par exemple ? ». Ils énumèrent alors plusieurs sources de chaleur telles que le feu ou le soleil. Un élève propose de mettre le glaçon dans la bouche. Il est alors primordial de rappeler les consignes de sécurité. Ce groupe hésite pour mettre le glaçon au soleil car le temps est nuageux.

Dans un troisième groupe (du tour de parole n°53 à 82), ils proposent de mettre le glaçon dans de l'eau chaude ou de l'eau bouillante. Ils savent que le glaçon fondra plus rapidement dans de l'eau chaude et plus lentement dans de l'eau froide. Ils énoncent aussi la possibilité de placer le glaçon sur un radiateur ou au soleil.

Dans un dernier groupe (du tour de parole n°83 à 155), différentes hypothèses vont être émises par les élèves. Un élève de CE1 mène l'échange et les autres proposent des idées au cours de la discussion. Un de ces derniers dit qu'il faut le mettre « dans un truc chaud » et donne ensuite l'exemple du micro-onde et de la casserole. Il a déjà réalisé cette expérience et cela fonctionne. Puis enfin, un élève propose de faire fondre le glaçon au soleil. Un autre lui répond que « ça va fondre plus lentement ».

J'ai alors demandé aux élèves de tester les deux expériences pour savoir dans laquelle le glaçon fondra le plus rapidement.

Voici les hypothèses émises dans chacun des groupes :

- 1^{er} groupe : « Dans de l'eau chaude » et « Le mettre au soleil ».
- 2^{ème} groupe : « Le soleil ».
- 3^{ème} groupe : « Mettre de l'eau bouillante dans le verre ».
- 4^{ème} groupe : « De le mettre dans une casserole avec de l'eau chaude » et « le mettre au soleil ».

✓ **Episode 5 : L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves**

Du tour de parole n°156 à 184, il s'agit de la phase d'investigation dans laquelle les élèves vont pouvoir tester la validité de leurs hypothèses. En effet, ils vont réaliser les expériences correspondantes à leurs hypothèses.

Parmi tous les groupes, certains vont tester l'expérience en mettant le glaçon dans de l'eau chaude. Concernant le matériel, j'avais préparé des glaçons en amont de la séance et j'ai apporté une bouilloire dans le but de faire chauffer l'eau. J'ai demandé une attention particulière aux élèves sur les consignes de sécurité : ne pas toucher l'eau chaude placée dans le verre pour ne pas se brûler.

D'autres vont tester l'expérience en plaçant le glaçon à l'extérieur au soleil.

Enfin, deux groupes vont réaliser les deux expériences avec l'objectif d'explicitier celle permettant de faire fondre le glaçon le plus rapidement possible.

Du tour de parole n°157 à 163, les élèves ont placé le glaçon dans l'eau chaude. Nous avons alors recueilli leurs réactions sur le résultat de l'expérience. Ils s'aperçoivent que le fait de mettre le glaçon dans de l'eau chaude permet de faire fondre le glaçon rapidement avec des expressions telles que « Il a fondu !!! Il a fondu !!! », « le nôtre il fond ». Les glaçons dans l'eau chaude ont mis environ 2 minutes pour fondre.

Du tour de parole n°180 à 183, les élèves ont mis le glaçon à l'extérieur au soleil. Nous avons aussi recueilli leurs réactions. Ils se rendent compte que le glaçon met beaucoup de temps pour fondre.

Les groupes ayant testé les deux expériences (tour de parole n°164 à 174) remarquent que les glaçons fondent plus rapidement dans l'eau chaude. Le fait de réaliser ces deux expériences simultanément leur permet d'identifier plus facilement la solution experte.

✓ **Episode 6 : L'échange argumenté autour des propositions élaborées**

Du tour de parole n°185 à 216, il s'agit de la phase de mise en commun où les différents groupes vont pouvoir présenter au reste de la classe les hypothèses émises, l'expérience réalisée et enfin le résultat de l'expérience.

J'ai décidé d'organiser cette mise en commun en présentant tout d'abord la solution la moins experte pour présenter dans un second temps la solution experte. J'ai donc privilégié de faire passer en premier un groupe ayant décidé de placer le glaçon au soleil car il s'agit de la solution la moins experte.

Du tour de parole n°186 à 194, le premier groupe présente son expérience. J'ai demandé aux élèves de nous dire le résultat obtenu et ils ont répondu que « ça a un peu fondu parce qu'il y a un peu d'eau ». Les élèves ont alors compris que lorsque le glaçon fond, il passe de l'état solide à l'état liquide. Ils mettent aussi en avant le fait que le glaçon n'a pas fondu entièrement. J'ai alors ajouté que « ça fait à peu près 10 minutes que le glaçon est au soleil et il n'a pas complètement fondu ».

Du tour de parole n°196 à 203, un deuxième groupe vient présenter une autre expérience qui a été réalisée pour faire fondre le glaçon le plus rapidement possible. Un élève explique que « On a mis le glaçon dans l'eau chaude. Comme c'est chaud et que le glaçon est froid et donc il a fondu ». J'ai alors ajouté que le glaçon a mis 2 minutes pour fondre pour mettre en avant le fait que le glaçon a fondu plus rapidement que lors de l'expérience précédente.

J'ai noté au tableau ces deux expériences avec le temps correspondant à la fonte du glaçon pour faciliter la phase de structuration des connaissances.

Nous avons alors échangé sur les deux expériences réalisées pour dégager la solution experte permettant de répondre à la situation-problème. Du tour de parole n°205 à 216, je leur ai demandé « quelle est l'expérience qui permet de faire fondre le glaçon le plus rapidement ? ». D'après les expériences réalisées et les conclusions tirées, les élèves répondent que celle qui marche le mieux est de mettre le glaçon dans l'eau chaude.

✓ **Episode 7 : L'acquisition et la structuration des connaissances**

Du tour de parole n°217 à 263, il s'agit de la phase d'acquisition et de structuration des connaissances. Cette phase se décline en plusieurs étapes :

➤ Le choix de la solution experte

Dans les tours de parole n°217 et 218, nous avons explicité la solution experte permettant de faire fondre le glaçon le plus rapidement.

➤ L'expérimentation de la solution experte

Du tour de parole n°219 à 229, tous les groupes ont pu réaliser l'expérience où l'on place le glaçon dans de l'eau chaude. Cela permet d'une part à tous les groupes d'observer le phénomène de fusion dans l'eau chaude et de montrer aussi que le glaçon fond rapidement

chaque fois. Les élèves réagissent en employant des expressions telles que « Oh, il est tout petit » ou « Regarde, il est déjà fondu ».

En parallèle, j'ai réalisé une expérience témoin où j'ai mis un glaçon dans de l'eau froide. Elle a pour but de montrer aux élèves qu'un glaçon fond plus rapidement dans de l'eau chaude que dans de l'eau froide.

➤ La structuration des connaissances

Du tour de parole n°230 à 263, j'ai mené les échanges avec les élèves avec l'objectif de structurer les connaissances scientifiques liées à cette démarche d'investigation.

Tout d'abord, j'ai demandé aux élèves ce qu'ils ont pu observer au sujet de l'expérience dite experte. Ils ont alors répondu que « ça a fondu très vite » en ajoutant que « ça a fondu encore plus vite que tout à l'heure parce que c'était de l'eau encore plus bouillante ». Ils ont donc assimilé le fait que plus la température de l'eau est élevée, plus le glaçon fond rapidement.

Ensuite, je leur ai montré l'expérience témoin dans laquelle le glaçon a été placé dans l'eau froide. Ils ont pu constater que le glaçon a fondu quand même mais plus lentement.

Les élèves ont alors conclu que pour faire fondre un glaçon le plus rapidement possible, il faut apporter de la chaleur. Enfin, j'ai évoqué le terme « fusion » qui permet de caractériser le passage de l'état solide à l'état liquide : c'est un changement d'état.

4.2- Analyse de ces épisodes en lien avec les trois critères de scientificité

Nous avons repéré, à l'intérieur de ces épisodes, des éléments qui nous semblent en lien avec les critères de scientificité.

Ces trois critères de scientificité sont :

- La primauté de l'expérience
- La robustesse
- La répétabilité ou la reproductibilité

Voici l'analyse de ces épisodes du point de vue de ces 3 critères de scientificité.

4.2.1- La primauté de l'expérience

Dans un premier temps, nous allons repérer des éléments qui nous semblent en lien avec la primauté de l'expérience. Pour rappel, la primauté de l'expérience consiste à montrer aux élèves que le résultat de l'expérience est plus important que l'hypothèse. C'est l'expérience qui va nous permettre de valider ou de modifier l'hypothèse initiale. La primauté permet alors de travailler sur le rapport entre l'expérience et l'idée de départ.

Dans l'épisode 4 relatif à la formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles, les élèves ont émis deux hypothèses :

- Mettre le glaçon dans de l'eau chaude
- Mettre le glaçon au soleil

La phase d'investigation décrite dans l'épisode 5 consiste donc à tester la validité de ces hypothèses par le biais de l'expérimentation. Les élèves vont alors pouvoir constater si le résultat obtenu par l'expérience est bien en accord avec ce qui est attendu.

Du tour de parole n°157 à 163 et du n°169 à 174, les élèves réalisent l'expérience dans laquelle le glaçon est placé dans l'eau chaude. Les réactions des élèves comme « Oh regardez, il est en train de fondre », « il a fondu !!! » montrent bien que le résultat de l'expérience est en adéquation avec l'hypothèse initiale. En effet, ils avaient émis l'hypothèse que le glaçon fondrait rapidement dans l'eau chaude et l'expérience a permis de valider cette hypothèse.

Du tour de parole n°175 à 177 et du n°180 à 183, les élèves réalisent l'expérience dans laquelle le glaçon est placé à l'extérieur au soleil. Ils se rendent compte que le glaçon ne fond pas rapidement. Lorsque j'ai demandé le résultat de l'expérience à un groupe, un élève a répondu « Il n'a pas fondu ». Le résultat de l'expérience n'est pas en adéquation avec l'hypothèse initiale. Ils avaient émis l'hypothèse que le glaçon fondrait rapidement au soleil et l'expérience a permis de montrer les limites de cette hypothèse.

Il nous semble donc que nous pouvons observer la primauté de l'expérience lors de la phase d'investigation ou de résolution du problème conduite par les élèves. Ils émettent des hypothèses en amont et cette phase permet de valider ou de réfuter celles-ci. Le résultat de l'expérience est donc plus important que l'hypothèse. L'expérience permet de confirmer que le fait de placer le glaçon dans l'eau chaude est plus efficace que de le mettre au soleil.

Dans l'épisode 6 relatif à l'échange argumenté autour des propositions élaborées, chacun des groupes va expliciter son hypothèse initiale, son expérience et le résultat de l'expérience. Cette phase permet alors de mettre en lien l'hypothèse initiale et l'expérience. Par exemple, du tour de parole n°187 à 194, un groupe explique au reste de la classe que leur expérience consistait à faire fondre le glaçon au soleil. Je leur ai demandé de présenter le résultat obtenu suite à l'expérimentation. Ils ont répondu que « ça a un peu fondu mais pas entièrement ». Cette explication permet de conclure sur le fait que l'hypothèse initiale émise par ce groupe n'est pas en adéquation avec le défi proposé. L'expérience a permis de réfuter l'hypothèse.

Par contre, lors du tour de parole n°200 à 203, un autre groupe a expliqué avoir mis le glaçon dans l'eau chaude pour le faire fondre le plus rapidement possible. Les élèves confirment que le glaçon a bien fondu (en 2 minutes environ). L'expérience a donc permis de valider l'hypothèse initiale.

Enfin, suite à cet échange, les élèves constatent alors que l'expérience la plus efficace pour faire fondre le glaçon le plus rapidement est de le placer dans de l'eau chaude. Cette affirmation est explicitée dans les tours de parole n°205 et 206 : « Quelle est l'expérience la plus efficace ? L'eau chaude ». Nous pouvons aussi le retrouver dans les tours de parole n°217/218 et 253/254.

Les élèves ayant proposé de faire fondre le glaçon au soleil se rendent compte qu'il faut changer l'hypothèse initiale pour valider l'expérience.

La phase d'acquisition et de structuration des connaissances, correspondant à l'épisode 7, doit permettre à l'enseignant de montrer aux élèves que c'est l'expérience qui va permettre de valider ou de modifier l'hypothèse initiale. L'enseignant doit alors amener les élèves à se questionner sur la cohérence entre ce qu'ils avaient prévu et le résultat obtenu et sur « qu'est-ce que je fais quand mon expérience n'est pas en accord avec les hypothèses initiales ? ».

Pour conclure sur ce critère de scientificité, il nous semble intéressant de travailler sur la primauté de l'expérience pour leur montrer que le résultat de l'expérience est plus important que l'hypothèse. D'après le scénario de la séance, nous pouvons retrouver des éléments correspondant à la primauté dans la phase d'investigation (épisode 5) où les élèves vont tester leurs hypothèses, dans la phase d'échange argumenté (épisode 6) où tous les groupes vont exposer leurs expériences. De cette phase découle une hypothèse correspondant à la solution

experte. Enfin, l'enseignant peut amener des éléments sur ce critère de scientificité dans la phase de structuration des connaissances (épisode 7).

4.2.2- La robustesse

Dans un second temps, nous allons repérer des éléments qui nous semblent en lien avec la robustesse. Pour rappel, la robustesse consiste à faire comprendre aux élèves que si on change une condition de l'expérience, la méthode sera toujours la bonne mais nous obtiendrons différents niveaux de résultats en raison de la qualité différente de support. L'objectif est alors de montrer que la méthode est identique mais que le résultat diffère en fonction des conditions d'expérience.

Au niveau de cette démarche d'investigation sur la fusion, il est possible de mettre en œuvre la robustesse car un glaçon va fondre dans tous les cas mais sa durée de fonte peut être différente. Par exemple, si nous décidons de changer la température de l'eau dans laquelle nous mettons le glaçon, le glaçon ne va pas fondre à la même vitesse.

Tout d'abord, au niveau de l'épisode 4 correspondant à la formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles, nous pouvons observer, dans les échanges entre élèves, des éléments relatifs à la robustesse. Dans les tours de parole n°136 à 138, un élève propose de mettre le glaçon au soleil pour qu'il fonde. Un camarade lui répond que « ça va fondre lentement ». Certains élèves ont alors déjà conscience que le glaçon va fondre plus ou moins vite suivant les conditions de l'expérience.

Dans la phase d'investigation ou de résolution du problème, nous pouvons identifier des éléments propres à la robustesse. En effet, lorsqu'un groupe va réaliser les deux expériences pour déduire la solution experte, les élèves vont pouvoir observer que le glaçon fond plus rapidement dans l'eau chaude qu'au soleil. Dans le tour de parole n°179, l'élève explique que « dans l'eau chaude, ça fond plus vite » ce qui montre que cet élève a compris que la durée de fonte diffère selon les conditions de l'expérience.

Ensuite, il nous semble identifier des éléments liés à ce critère de scientificité dans l'épisode 6 relatif à l'échange argumenté autour des propositions élaborées. Effectivement, les élèves remarquent que la solution experte pour faire fondre un glaçon est de le placer dans l'eau chaude. Cependant, au tour de parole n°208, j'ai posé la question suivante : « est-ce que

l'expérience où l'on place le glaçon au soleil fonctionne quand même ? ». Les élèves ont alors affirmé que le glaçon fond mais « pas beaucoup ». Un autre élève a ajouté que « s'il y avait eu beaucoup de soleil ça aurait fondu plus vite ». Cet échange permet alors de faire comprendre aux élèves que le glaçon fond tout le temps mais que la durée de fonte dépend des conditions d'expérience.

Puis, dans l'épisode 7, chaque groupe réalise l'expérience correspondante à la solution experte, c'est-à-dire celle consistant à mettre le glaçon dans l'eau chaude. Dans le tour de parole n°232, un élève remarque que « ça a fondu encore plus vite que tout à l'heure ». Suite à cette remarque, nous nous sommes donc interrogés sur la raison pour laquelle le glaçon a fondu encore plus rapidement cette fois. Un élève a ajouté que le glaçon a fondu plus vite « parce que c'était de l'eau encore plus bouillante » (tour de parole n°234). Les élèves ont donc assimilé le fait que le glaçon fond plus ou moins rapidement en fonction de la température de l'eau. La durée de fonte du glaçon est donc en lien direct avec la température de l'eau. Plus l'eau est bouillante, plus la durée de fonte du glaçon est petite. Cependant, nous obtenons un résultat identique puisque le glaçon fond dans tous les cas. Ces conclusions sont bien adéquates avec la robustesse qui énonce qu'« une modification mineure des conditions de l'expérience ne modifie pas dramatiquement son résultat. »

Enfin, pour illustrer le fait que le glaçon fond plus ou moins rapidement en fonction de la température de l'eau, j'ai réalisé une expérience témoin en parallèle de celle réalisée par les élèves. J'ai placé un glaçon dans de l'eau froide pour deux raisons : d'une part pour que les élèves puissent comparer la durée de fonte du glaçon dans l'eau chaude et dans l'eau froide et d'autre part pour leur montrer que le glaçon fond quand-même dans de l'eau froide. Cette phase correspond aux tours de parole n°238 à 252. Un élève demande si le glaçon a fondu dans l'eau froide. Suite à l'observation de l'expérience, un élève a déclaré que « ça a fondu mais un peu moins vite ». Il a donné l'explication que le glaçon a fondu plus lentement « parce que l'eau est froide et que le glaçon est froid » (tour de parole n°244).

Lors de cette phase de structuration des connaissances, les élèves ont formulé que pour faire fondre un glaçon le plus vite possible, il faut apporter de la chaleur.

Pour conclure sur ce critère de scientificité, il nous semble intéressant de travailler sur la robustesse pour leur montrer que le résultat final de l'expérience est identique mais que le résultat diffère en fonction des conditions d'expérience. En effet, que ce soit dans l'eau chaude ou dans l'eau froide, le glaçon fond mais avec une durée de fonte qui diffère suivant la température de l'eau. D'après le scénario de la séance, nous pouvons retrouver des éléments correspondant à la robustesse dans la phase de formulation des hypothèses (épisode 4) où les élèves peuvent avoir des conceptions initiales sur la fusion du glaçon, dans les épisodes 5 et 6 où ils vont pouvoir observer que la durée de fonte varie en fonction des conditions de l'expérience. Enfin, dans la phase de structuration des connaissances (épisode 7), l'enseignant peut insister sur ces éléments liés à ce critère de scientificité.

4.2.3- La reproductibilité ou répétabilité de l'expérience

Enfin, dans un dernier temps, nous allons repérer des éléments qui nous semblent en lien avec la reproductibilité ou la répétabilité. Pour rappel, la reproductibilité de l'expérience consiste à montrer aux élèves que le résultat de l'expérience ne dépend pas de l'observateur. En effet, il faut leur faire comprendre que si plusieurs personnes réalisent une même expérience dans les mêmes conditions (même température, même pression) le résultat sera identique.

Ce critère de scientificité est assez facile à mettre en place dans une classe lors d'une démarche d'investigation. Nous pouvons faire tester la même expérience à tous les élèves et montrer que le résultat est identique. Si plusieurs élèves font l'expérience dans le même lieu avec de l'eau à la même température et des glaçons identiques, ils vont avoir la même durée de fonte.

En effet, lors de la phase d'expérimentation, plusieurs groupes ont réalisé la même expérience. L'échange argumenté autour des propositions élaborées (épisode 6) permet de montrer aux élèves qu'une même expérience amène à un résultat identique. Par exemple, dans l'eau chaude, tous les glaçons ont mis deux minutes pour fondre.

Suite cette phase de l'échange argumenté autour des propositions élaborées, les élèves vont pouvoir déduire la solution experte permettant de faire fondre le glaçon le plus rapidement possible. Dans cette démarche d'investigation, il s'agit alors de mettre le glaçon dans l'eau chaude. Tous les groupes vont réaliser l'expérience amenant à la solution experte. Du tour de parole n°219 à 229, tous les groupes font l'expérience où l'on place le glaçon dans l'eau

chaude pour observer le phénomène de fusion. Chaque élève se rend compte que le glaçon fond et tous les groupes remarquent que les glaçons fondent à la même vitesse. Dans un groupe, un élève déclare « Regarde, il est déjà fondu » (tour de parole n° 222) tandis qu'un autre élève dit « Il est déjà fini » (tour de parole n°226). Ce sont donc des éléments qui sont en lien avec ce critère de scientificité car les élèves réalisent que les glaçons fondent en même temps lorsque les conditions de l'expérience sont identiques.

Dans la phase de structuration des connaissances, à deux moments, j'ai porté l'attention des élèves sur des éléments qui me semblent en lien avec la reproductibilité et la répétabilité de l'expérience.

Dans les tours de parole n°236/237, j'ai explicité clairement aux élèves que lors de la phase d'expérimentation, j'ai observé que nous avons mis les glaçons dans l'eau chaude au même moment et qu'ils ont fondu en même temps. J'ai conclu en disant que « si on met les glaçons dans de l'eau à la même température, ils fondent en même temps ». Suite à l'analyse à posteriori de la séance que j'ai pu mettre en œuvre, j'aurais pu mettre en place une expérience permettant aux élèves d'observer ce phénomène d'une façon plus précise. Effectivement, il aurait été judicieux de donner, au sein d'un même groupe, 2 ou 3 verres avec de l'eau chaude à la même température et plusieurs glaçons identiques. Nous aurions alors demandé aux élèves de mettre tous les glaçons dans l'eau chaude au même instant : l'instant t_0 . Ils auraient pu s'apercevoir que les glaçons fondent en même temps. L'enseignant doit mettre en évidence le fait que les glaçons ont la même durée de fonte lorsque les conditions de température sont identiques : il s'agit d'un élément en lien direct avec ce critère de scientificité.

Dans les tours de parole n°255 à 258, il nous semble aussi qu'il est question de reproductibilité de l'expérience. En effet, pour conclure sur les différentes expériences réalisées lors de la démarche d'investigation, j'ai posé deux questions aux élèves : « Lorsque vous avez tous réalisé l'expérience avec l'eau chaude, est-ce que ça a marché chaque fois ? » (Tour de parole n°255) et « est-ce que ça a mis le même temps pour fondre ? » (Tour de parole n°257). Les élèves ont répondu affirmativement aux deux questions. Ces deux questions permettent d'accentuer le fait qu'avec les mêmes conditions de température, les glaçons fondent en même temps.

Pour conclure sur ce critère de scientificité, il nous semble intéressant de travailler sur la reproductibilité et la répétabilité de l'expérience pour mettre en évidence le fait que le résultat

de l'expérience ne dépend pas de l'observateur. Une expérience réalisée dans les mêmes conditions donnera le même résultat.

D'après le scénario de la séance, nous pouvons donc retrouver des éléments correspondant à ce critère dans la phase de l'échange argumenté (épisode 6) et dans le dernier épisode (épisode 7).

5- Discussion / Conclusion

Lors de l'analyse de notre démarche d'investigation, nous avons donc identifié des moments où il nous semblait observer des critères de scientificité tels que la primauté de l'expérience, la robustesse et la reproductibilité ou la répétabilité de l'expérience.

Au cours de mon travail de recherche, je me suis demandé si ces mêmes critères de scientificité pouvaient être travaillés dans une autre démarche d'investigation portant sur un autre thème et menée par un autre professeur dans une classe différente. De ce fait, il m'a semblé judicieux de travailler en lien avec un autre étudiant en formation à l'Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education pour mettre en œuvre deux démarches d'investigation différentes mais travaillant sur les trois mêmes critères de scientificité. L'autre démarche d'investigation porte sur le phénomène de filtration de l'eau destinée à des élèves de CM1. Nous avons structuré nos deux séances en utilisant une méthode de découpage identique.

Dans un premier temps, nous allons donc comparer l'analyse de ces deux démarches d'investigation pour constater si ces trois critères sont repérables et identifiables durant les mêmes phases de la démarche d'investigation.

Le premier critère de scientificité étudié est la primauté de l'expérience. Au vu de nos résultats, il semblerait alors se retrouver dans l'épisode 5 correspondant à l'investigation ou à la résolution du problème par le biais de l'expérience. Effectivement, les élèves ont réalisé l'expérience en fonction de leur hypothèse initiale et constaté si l'expérience valide ou réfute l'idée de départ. Dans les deux démarches d'investigation, les élèves ont alors pu faire le lien entre ces deux éléments scientifiques et remarqué la différence entre le résultat de l'expérience et les différentes hypothèses. Durant l'épisode 6 relatif à l'échange argumenté autour des propositions élaborées, dans les deux séances, les élèves ont exposé le résultat de leur expérience tout en ayant un esprit critique et une attitude réflexive vis-à-vis de ce dernier. Dans la phase de structuration des connaissances (épisode 7), nous avons amené les élèves à

se questionner sur l'expérience qui a été la plus efficace pour répondre à la situation-problème. Cependant, nous avons observé des différences au niveau des interactions langagières des élèves. En effet, la conception des hypothèses est plus structurée chez des élèves de CM1. Certains utilisent la formulation « Je pense que parce que » qui relève vraiment de l'élaboration d'une hypothèse scientifique. Ils argumentent aussi sur les résultats obtenus. Par conséquent, la relation entre l'hypothèse et l'expérience est plus forte.

Pour certains élèves de CP, nous avons pu remarquer une difficulté. Dans la situation-problème présentée, l'objectif était de faire fondre le glaçon le plus rapidement possible. Toutes les hypothèses présentées avaient un rapport direct avec la situation. Toutefois, il se trouve que l'expérience fonctionne dans chaque cas car le glaçon fond naturellement avec le temps. De ce fait, ces élèves avaient peut-être un peu plus de difficulté à identifier la solution experte.

Le second critère de scientificité étudié est la robustesse. En comparant nos résultats, il semble se retrouver dans l'épisode 4 mettant en évidence la formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles mais de manière différente. En effet, lors de la démarche d'investigation portant sur le phénomène de filtration, les échanges argumentés entre élèves pour choisir l'hypothèse qui leur paraissaient la plus plausible ont permis de justifier le choix du matériel. Par exemple, le fait de prendre une passoire pour retenir les éléments de grande taille et un filtre à café pour piéger les petits éléments s'est avéré judicieux. En ce qui concerne la démarche d'investigation sur la fusion, le professeur des écoles a guidé les élèves afin qu'ils puissent justifier leurs hypothèses. Durant l'épisode 5 relatif à l'investigation, les élèves ont pu commencer à s'apercevoir que la qualité du support avait une conséquence sur le résultat. Dans l'épisode 6, lié à l'échange argumenté, les élèves ont pu observer les différents résultats en lien avec l'investigation. En ce qui concerne la filtration, le changement de couleur de l'eau (repère visuel) a permis de déduire la qualité du filtre. Lors de la fusion, une fois le glaçon fondu, aucun élément ne permet de déduire de l'efficacité de l'expérience. Le paramètre temporel est le repère pour comparer la qualité de chaque expérience. La robustesse consiste à faire comprendre aux élèves que si l'on change une condition de l'expérience, par exemple le filtre pour une démarche et la température pour l'autre, la méthode sera toujours la bonne mais nous obtiendrons différents niveaux de résultats en raison de la qualité différente de chaque support. Pour finir dans l'épisode 7, ce critère a été repéré dans les deux démarches d'investigations en réalisant l'expérience dite « experte ».

Enfin, le troisième critère de scientificité étudié est la reproductibilité et la répétabilité de l'expérience. En comparant l'analyse des deux démarches d'investigation, nous avons pu observer que ce critère est repérable et identifiable au cours des mêmes épisodes. Effectivement, lors de la phase d'investigation, certains groupes réalisent des expériences identiques pour résoudre la situation-problème. Lors de l'échange argumenté autour des propositions élaborées, chaque groupe expose les résultats obtenus et donc les élèves peuvent se rendre compte que le résultat de l'expérience ne dépend pas de l'observateur. De plus, dans l'épisode 7, l'enseignant structure le savoir en faisant réaliser à tous les groupes l'expérience relative à la solution experte. En effet, il faut leur faire comprendre que si plusieurs personnes réalisent une même expérience dans les mêmes conditions (même température, même pression) le résultat sera identique. Cela permet aussi aux élèves ayant réalisé deux fois la même expérience de confirmer leurs observations.

Le fait de travailler ces trois critères de scientificité avec les élèves permet de leur apporter des notions propres à la nature de la science. Nous voulons donc faire comprendre aux élèves comment fonctionne la science et quels sont les méthodes et les savoir-faire scientifiques nécessaires pour entreprendre un raisonnement scientifique.

Dans un second temps, lors de la mise en œuvre et de l'analyse à posteriori de cette séance avec des élèves de CP, j'ai pu repérer d'autres éléments pouvant faire référence à d'autres critères épistémologiques notamment à l'organisation collective.

En effet, je me suis aperçu de la difficulté pour des élèves de CP de travailler en équipe dans le but de résoudre un problème ensemble. Il me semble identifier deux raisons qui sont à l'origine de ces difficultés :

Tout d'abord, des élèves de cet âge ont tendance à avoir une attitude égocentrique. Nous pouvons retrouver quelques éléments relatifs à l'égoïsme dans le scénario de la séance. Lors de la phase de formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles, les élèves travaillent en groupe. Nous pouvons retrouver plusieurs réactions telles que « Et pourquoi ce serait les tiens et pas les miens ? » (tour de parole n°66), « non mais c'est pas toi qui va tout faire hein ! » (tour de parole n°79) ou encore « c'est moi qui ai trouvé les trois idées » (tour de parole n°149) qui montrent bien la difficulté de ces élèves de travailler en équipe.

De plus, ils n'ont pas l'habitude de travailler à plusieurs.

Il est donc du rôle de l'enseignant de faire varier les dispositifs de classe et de favoriser le travail en équipe. Cela permet d'une part de développer des compétences transversales liées à l'organisation collective mais d'autre part de leur faire comprendre que le fait d'échanger et de communiquer entraîne une avancée conséquente dans le travail de recherche. D'ailleurs, lors de l'échange argumenté autour des propositions élaborées, nous pouvons constater que la présentation de chacun des protocoles permet de déduire la solution experte.

De ce fait, il me semble intéressant d'amener les élèves à assurer un rôle au sein du groupe. Nous pourrions par exemple donner des rôles : celui de scripteur écrivant les hypothèses, celui de porte-parole exposant les résultats obtenus dans l'échange argumenté. Celui de maître de la sécurité, du matériel ou du temps. Ils permettent de leur fixer un objectif précis, de les responsabiliser et enfin de développer la confiance en soi.

D'autre part, lors du recueil des hypothèses par le biais de traces écrites des élèves, j'ai pu identifier des éléments en relation avec deux autres critères épistémologiques qui sont la construction d'une hypothèse scientifique et l'argumentation.

Les élèves ont effectivement un manque de connaissances scientifiques ne leur permettant pas de construire une hypothèse scientifique correctement. Ils les construisent sous la forme d'une affirmation. Par exemple, ces derniers notent « mettre de l'eau bouillante dans le verre ». Ils n'utilisent pas la formulation « Je pense que parce que » qui est propre à une hypothèse et qui permet d'argumenter celle-ci. Il est donc du rôle de l'enseignant d'amener les élèves à construire celle-ci en utilisant cette formule et à argumenter leur conception initiale. Cette compétence relève d'un savoir-faire scientifique et est lié à la nature de la science.

Nous avons donc comparé nos deux démarches d'investigation et nous avons pu constater que ces trois critères de scientificité étaient repérables et identifiables au cours des mêmes phases de la démarche.

Cependant, nous avons conçu nos séances en utilisant une méthode et un découpage identique. De plus, nous avons un objectif commun qui était d'identifier la primauté de l'expérience, la robustesse et la reproductibilité de celle-ci.

Toutefois, l'analyse de ces démarches m'a permis de me questionner sur le fait suivant : « est-ce que ces mêmes critères de scientificité sont repérables dans une démarche d'investigation qui n'a pas été conçue avec l'objectif de les identifier ? ».

De plus, ma réflexion s'est portée sur les différentes modalités de chacun des critères. J'ai réfléchi sur le fait que ces critères de scientificité pouvaient se trouver sous d'autres aspects dans la démarche d'investigation. Selon moi, si nous analysons deux démarches d'investigation portant sur le même thème et élaborées par deux professeurs différents, nous pourrions éventuellement observer différentes modalités d'un critère de scientificité. Nous pourrions alors l'expliquer par le fait que deux enseignants peuvent avoir deux manières différentes de comprendre ces critères.

Enfin, je me suis questionné sur le fait qu'un critère de scientificité puisse être identifiable dans toutes les démarches d'investigation. Finalement, est-ce qu'il n'y aurait pas des démarches d'investigation qui sont plus propices à travailler sur un critère plutôt qu'un autre ?

Ce travail de recherche m'a permis d'assimiler le fait qu'une démarche d'investigation peut permettre de travailler avec des élèves sur des notions liés à la nature de la science. Avant cette réflexion, j'identifiais la démarche d'investigation comme étant une démarche permettant uniquement de transmettre des connaissances scientifiques.

Désormais, il me paraît essentiel de travailler sur plusieurs critères de scientificité pour faire comprendre aux élèves comment fonctionne la science et pour leur apporter des méthodes et des savoir-faire nécessaires pour entreprendre un raisonnement scientifique. La mise en place de cette séquence dans une classe m'a permis de me rendre compte que cette démarche doit se travailler sur le long terme pour que les élèves développent des automatismes, notamment sur la construction d'hypothèses scientifiques ou sur le travail de groupe.

Bibliographie

- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire*. Bulletin Officiel, hors-série n°3, 19-6-2008, p.1-40.
- 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*. Docteur en Sciences. Discipline : Physique. UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS - UFR Sciences École Doctorale de Sciences Fondamentales et Appliquées. Novembre 2014.
- LAUGIER, André. *Mettre en œuvre la démarche d'investigation : la matérialité de l'air au cycle 3*. Grand N. 2004, n°74, p.77-98.
- LOCKE, John. *Quelques pensées sur l'éducation*. Londres, 1693.
- VENTURINI, Patrice. « *Les démarches d'investigation* » *Enjeux pour l'enseignement et objets de recherche pour la didactique*. In CALMETTES, Bernard. *Didactique des sciences et démarches d'investigation*. Paris : L'Harmattan, 2012, p.9-13.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. *Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école*. Note de service n°2000-078 du 8-6-2000. Bulletin Officiel n°23, 15-6-2000.
- PIAGET, Jean. *L'équilibration des structures cognitives*. Paris : Presses Universitaires de France, 1975.
- VYGOTSKI, Lev. *Pensée et langage*. Paris, 1936
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire*. Bulletin Officiel, hors-série n°1, 14-2-2002, p.64-94.

- CALMETTES, Bernard. *Démarche d'investigation en Physique*. SPIRALE – Revue de Recherches en Education. 2009, n°43, p.139-148.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. *Programmes du collège – Programmes de l'enseignement de technologie*. Bulletin Officiel spécial n°6, 28-8-2008, p.4.
- VIENNOT, Laurence. *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : Editions De Boeck, 1996.
- DUGGAN, Sandra, GOTT, Richard. *The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science*, 1995. International Journal of Science. p. 137-147.
- BACHELARD, Gaston. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin, 1938.
- PELISSIER, Lionel, VENTURINI, Patrice. *Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques ?* In CALMETTES, Bernard. *Didactique des sciences et démarches d'investigation*. Paris : L'Harmattan, 2012, p.127-150.
- DESAUTELS, Jacques et LAROCHELLE, Marie. *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec : Presses de l'Université Laval, 1989.

Annexe 1 : Transcription écrite de la séance

<u>N°</u>	<u>Qui parle ?</u>	<u>Contenu</u>
<i><u>Episode 1 : Phase de rappel</u></i>		
1	Enseignant	Qui est-ce qui me peut me rappeler ce que nous avons fait hier ?
2	Elève	On a classé les solides et les liquides
3	Enseignant	Comment vous avez fait pour les classer ?
4	Elève	On a mis les solides d'un côté et les liquides d'un autre côté
5	Enseignant	Comment vous avez fait la différence entre un liquide et un solide ?
6	Elève	Un solide c'est dur, ça ne se casse pas facilement et on peut le tenir
7	Enseignant	Oui et un liquide ?
8	Elève	Un liquide, ça coule
9	Enseignant	Est-ce qu'on peut le tenir dans les mains ?
10	Classe	Non !
11	Enseignant	D'accord. Et vous pouvez me rappeler ce qu'on avait dit sur le glaçon ?
12	Elève	Et beh le glaçon au début il est solide et après il fond
13	Enseignant	Oui. Donc à la fin il est solide ou liquide ?
14	Elève	Liquide
15	Enseignant	Très bien. Donc le glaçon passe de l'état solide à l'état liquide. Est-ce que tout le monde est d'accord ?
16	Classe	Oui !
<i><u>Episode 2 : La présentation de la situation-problème</u></i>		
17	Enseignant	Bien. Donc aujourd'hui je vais vous lancer un défi. Je vais vous demander de faire fondre le glaçon le plus vite possible. Quelqu'un peut me rappeler la consigne svp ?
18	Elève	On va devoir faire fondre le glaçon le plus vite
19	Enseignant	D'accord. Donc vous allez devoir chercher des solutions pour faire fondre le glaçon le plus rapidement possible
<i><u>Episode 3 : Phase d'appropriation du problème</u></i>		
<i>Individuellement, les élèves vont alors réfléchir sur le problème et essayer d'émettre des hypothèses pour faire fondre le glaçon le plus vite possible.</i>		
<i><u>Episode 4 : La formulation de conjectures, d'hypothèses et de protocoles possibles</u></i>		
20	Enseignant	Vous allez maintenant travailler en groupe. Donc vous allez devoir, en groupe, chercher des expériences pour faire fondre le glaçon le plus rapidement possible
<i><u>Echanges dans un groupe</u></i>		
21	Elève	Il faudrait le mettre à l'eau chaude
22	Elève	Au moins il pourra fondre
23	Elève	C'est pas faux
24	Elève	Mettre à l'eau chaude et au soleil ça fondra
25	Enseignant	Est-ce que c'est pareil de le mettre au soleil et dans l'eau chaude ?

26	Groupe	Non !
27	Elève	Et beh parce que le soleil, on va pas le mettre tout près parce que déjà on est pas cap de monter au soleil et si on met le doigt on est mort
28	Enseignant	Et vous êtes capables de monter au soleil ?
29	Groupe	Non pas du tout !
30	Elève	A part si on y va en fusée
31	Enseignant	Voilà. Donc vous avez proposé deux idées donc vous les notez
32	Elève	C'est moi qui les ai trouvées
33	Elève	Et après est-ce qu'on peut l'illustrer ?
34	Enseignant	Oui c'est une très bonne idée. Allez c'est parti !
<i>Dans un autre groupe</i>		
35	Enseignant	Alors ici, est-ce que vous avez une idée pour faire fondre le glaçon le plus rapidement possible ?
36	Groupe	Oui !
37	Elève	Mettre du chaud
38	Enseignant	Qu'est-ce que tu peux mettre de chaud par exemple ?
39	Elève	Du feu
40	Enseignant	Est-ce qu'on a le droit d'utiliser du feu à l'école ?
41	Groupe	Non !
42	Elève	Avec du soleil
43	Elève	Mais il n'y a pas de soleil
44	Elève	Ou sinon l'écraser
45	Enseignant	Discutez ensemble et essayez de trouver une expérience
46	Elève	Dans la bouche
47	Enseignant	Non je vous interdis de le mettre dans la bouche ça pourrait être dangereux
48	Elève	Les propositions qu'on a dites étaient dangereuses
49	Enseignant	Tu en as dit une qui n'est pas dangereuse ! C'était de le mettre au soleil
50	Elève	Mais il n'y a pas de soleil
51	Elève	Ils ont dit la météo qu'il allait pleuvoir
52	Enseignant	Réfléchissez ensemble pour trouver une solution !
<i>Dans un autre groupe</i>		
53	Enseignant	Alors ici, vous avez quoi comme idée ?
54	Groupe	Dans de l'eau chaude
55	Enseignant	Est-ce que dans l'eau chaude ça va fondre plus vite que dans l'eau froide ?
56	Groupe	Oui !
57	Enseignant	Très bien. Donc écrivez l'expérience et essayez de l'illustrer aussi. Est-ce que vous avez d'autres idées ?
58	Elève	Le mettre sur un radiateur
59	Enseignant	Oui c'est une idée. On ne veut pas le faire car ça pourrait être dangereux. Est-ce que vous avez d'autres idées. Avec quoi on pourrait faire fondre le glaçon ?
60	Elève	On le met au soleil
61	Enseignant	D'accord. C'est une autre possibilité
62	Elève	Mettre de l'eau bouillante dans le verre

63	Elève	Dans le verre (l'élève dicte à un autre élève)
64	Elève	On prend mes feutres ou pas ?
65	Elève	On peut prendre mes feutres ?
66	Elève	Et pourquoi ce serait les tiens et pas les miens ?
67	Elève	Au pire, j'ai une idée: chacun va faire un dessin Qui a envie de faire des glaçons ?
68	Elève	Moi je vais faire les glaçons parce que j'ai un bleu fluo très beau
69	Elève	Moi je vais faire de l'eau bouillante; je vais faire des trucs rouges
70	Elève	Mais non on ne peut pas faire de l'eau c'est transparent
71	Elève	Allez on va jamais finir !
72	Elève	Moi je vais faire le récipient
73	Enseignant	Allez, on va lancer les expériences
74	Elève	Oh non ! Nous on a pas colorié
75	Elève	J'ai une idée. On va faire un verre à ballon. Tu fais une tige et après tu fais un ballon
76	Elève	Qui veut le faire ?
77	Groupe	Moi !
78	Elève	Moi vu que c'est moi qui ai eu l'idée
79	Elève	Non mais c'est pas toi qui va faire tout hein ! On va faire chacun quelque chose
80	Elève	Non toi tu en as fait deux
81	Elève	Mais non, j'ai fait que l'eau
82	Enseignant	Donc vous, vous voulez mettre le glaçon dans l'eau bouillante. Ne touchez pas pour le moment !
<i>Dans un autre groupe</i>		
83	Elève	Tu vas dessiner un glaçon Liloïa et tu vas dessiner un peu d'eau comme ça c'est sûr qu'on va voir qu'il fond
84	Elève	Oui mais comment ?
85	Elève	Beh avec plein de petites gouttes
86	Elève	Mais comment est-ce qu'il va fondre ?
87	Elève	Ah je sais, une moitié de glaçons
88	Elève	Mais tu as pas compris, comment on va le faire fondre le glaçon ?
89	Elève	Euh.... On le met dans un truc chaud
90	Elève	Par exemple, une casserole
91	Elève	Oui !
92	Elève	Ou un micro-onde
93	Elève	Dans le micro-ondes c'est sûr qu'il va fondre plus vite
94	Elève	Mais on n'a pas de micro-ondes
95	Elève	Dans le four
96	Elève	Non ! Dans le four ça va pas fondre
97	Elève	Beh au moins, est-ce que tu as déjà vu un glaçon fondre dans un four ?
98	Elève	Non ! (rises)
99	Elève	Beh voilà, alors tu sais pas si ça va fondre
100	Elève	Moi dans le micro-ondes je l'ai déjà fait
101	Elève	Moi aussi !

102	Elève	Tu peux me passer une gomme stp ?
103	Elève	Allez, on marque on le met dans un micro-ondes
104	Enseignant	Oui, c'est une idée. Et après vous pouvez le mettre dans quoi par exemple ?
105	Elève	Une casserole
106	Enseignant	Et elle serait comment l'eau dans la casserole ?
107	Elève	Fondue
108	Elève	Chaude
109	Elève	Liquide
110	Enseignant	Donc tu veux mettre une casserole sur le feu et mettre le glaçon dedans ?
111	Elève	Oui ! Comme ça, ça va fondre plus vite
112	Enseignant	Donc avec du chaud ?
113	Elève	Oui
114	Elève	Ou sinon on peut le mettre dans l'eau
115	Enseignant	Dans de l'eau comment ?
116	Elève	Dans de l'eau, ça va pas fondre
117	Elève	Dans de l'eau chaude, ça va fondre
118	Enseignant	Ah beh voilà, vous pouvez essayer
119	Elève	Bon toi c'est quoi ton idée ?
120	Elève	De le mettre dans un micro-ondes
121	Elève	Non, mais ta deuxième idée ?
122	Elève	Ah, de le mettre dans une casserole
123	Elève	Avec de l'eau chaude ?
124	Elève	Oui !
125	Elève	Ouh, je crois que ça va pas marcher
126	Elève	(l'élève en train d'écrire) De le mettre.... De le mettre.... Dans....Dans.... L'eauuuuu.....
127	Elève	Ah oui j'ai une idée Liloïa!!! J'ai une idée !!! J'ai une autre idée !!! Liloïa, j'ai une autre idée !!!
128	Elève	Attend !!!
129	Elève	(l'élève en train d'écrire) Avec de l'eau chaude
130	Elève	J'ai une autre idée Liloïa !
131	Elève	Mais quoi comme idée ?
132	Enseignant	Est-ce que nous avons un micro-ondes dans la classe ?
133	Elève	Non !
134	Elève	Mais j'ai une autre idée moi !!!
135	Enseignant	Oui, c'est quoi ton autre idée ?
136	Elève	De le mettre au soleil et il fond !!!
137	Enseignant	Et pourquoi pas !
138	Elève	Mais ça va fondre lentement un peu !
139	Enseignant	Et pourquoi n'essayeriez vous pas les deux expériences ?
140	Elève	Mais oui, mais est-ce que ça va marcher ?
141	Elève	Eh, mais s'il taperait très fort le soleil
142	Enseignant	Je vais vous donner deux glaçons et vous allez faire les deux expériences
143	Elève	Et sinon, on a qu'à le laisser dans le désert

144	Enseignant	Est-ce qu'on peut l'amener dans le désert ?
145	Elève	(rires) Non
146	Enseignant	Vous voulez faire les deux expériences ?
147	Groupe	Oui !
148	Enseignant	Un à l'extérieur, et un dans de l'eau chaude !!!
149	Elève	C'est moi qui ai trouvé les trois idées
150	Elève	Les deux !!!
151	Enseignant	Les autres ont participé aussi non ?
152	Elève	Euh, ils ont même pas trouvé d'idées
153	Elève	Vous avez une autre idée ?
154	Elève	A la plage !
155	Elève	Comme il fait soleil, il va faire très très chaud
<i>Episode 5 : L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves</i>		
156	Enseignant	Allez, on va lancer les expériences. Quelques consignes de sécurité : - il est interdit de mettre le glaçon dans la bouche - il est interdit de mettre la main dans l'eau chaude - on ne jette pas les glaçons sur ses camarades
<i>Début de l'expérience dans un groupe</i>		
157	Elève	Oh regardez, il est en train de fondre
158	Elève	Le nôtre il fond
159	Elève	(à un autre groupe) oh, vous avez eu la même idée
160	Elève	Il est bientôt fini
161	Elève	Il a fondu !!! Il a fondu !!!
162	Elève	Enfin, non il est minuscule
163	Elève	Il a fondu !!!
<i>Dans un autre groupe qui réalise les deux expériences (eau chaude + extérieur)</i>		
164	Elève	Ah, je me demande pourquoi on met un verre
165	Elève	Parce qu'à ton avis, on va mettre de l'eau chaude dedans
166	Enseignant	Restez à votre place, on va vous amener le matériel
167	Enseignant	Ca c'est pour mettre l'eau chaude dedans et celui-là c'est pour mettre à l'extérieur
168	Enseignant	Allez mettre le gobelet à l'extérieur avec un glaçon
169	Elève	Maintenant, on met le glaçon dans l'eau chaude
170	Elève	Il devient petit
171	Elève	Il fond !
172	Elève	Il est microscopique
173	Elève	C'est bon, il a fondu !!!
174	Elève	Au revoir, petit glaçon
<i>Ce groupe va voir le glaçon à l'extérieur</i>		
175	Elève	On va récupérer notre glaçon dehors pour voir s'il a fondu
176	Enseignant	Et alors il a fondu dehors ?
177	Elève	Il a pas fondu
178	Elève	Alors que dans l'eau chaude, il a fondu

179	Elève	Oui ! Dans l'eau chaude ça fond plus vite
<i>Un autre groupe va voir le glaçon à l'extérieur</i>		
180	Enseignant	Vous avez récupéré votre verre dehors
181	Elève	Beh, il a pas fondu
182	Elève	Ca fond pas !
183	Elève	Parce qu'il ne fait pas assez chaud
184	Enseignant	Allez, on revient tous s'asseoir à sa place !
<u>Episode 6 : L'échange argumenté autour des propositions élaborées</u>		
185	Enseignant	Allez, le groupe du fond, venez ici ! Il y en a un qui peut aller chercher le glaçon dehors svp ?
186	Enseignant	Qu'est-ce que vous avez proposé comme expérience ? Qu'est-ce que vous avez fait ?
187	Elève	On a décidé que ça fonde avec le soleil
188	Enseignant	D'accord. Donc mettre le glaçon au soleil Est-ce que vous pouvez me donner le résultat de votre expérience ? Qu'est-ce que vous pouvez observer ?
189	Elève	Ca a un peu fondu
190	Enseignant	Comment vous voyez que ça a un peu fondu ?
191	Elève	Parce qu'il y a un peu d'eau
192	Enseignant	Est-ce qu'il a fondu entièrement ?
193	Elève	Non !
194	Enseignant	Ca fait à peu près 10 minutes que le glaçon est au soleil et il n' pas complètement fondu
195	Enseignant	Merci vous pouvez retourner à votre place !
196	Enseignant	Est-ce qu'il y en a d'autres qui ont réalisé une autre expérience ?
197	Un groupe	Oui !
198	Enseignant	Oui ce groupe ! Venez ici !
199	Enseignant	Est-ce que vous pouvez expliquer à vos camarades ce que vous avez fait ?
200	Elève	On a mis le glaçon dans l'eau chaude. Et beh comme c'est chaud et que le glaçon est froid et donc il a fondu
201	Enseignant	Qui a fait cette expérience aussi ? De mettre le glaçon dans l'eau chaude ?
202	Enseignant	Et il a mis combien de temps pour fondre à peu près ?
203	Groupes	2 minutes
204	Enseignant	Merci. Allez vous asseoir à votre place
205	Enseignant	Donc on a écouté deux expériences. A votre avis, quelle est l'expérience la plus efficace ?
206	Elève	L'eau chaude
207	Enseignant	D'accord. C'est de mettre le glaçon dans de l'eau chaude
208	Enseignant	Mais est-ce que l'expérience où l'on place le glaçon au soleil fonctionne quand même ?
209	Classe	Oui !
210	Elève	Pas beaucoup !
211	Enseignant	Pas beaucoup ? C'est-à-dire ? On lève le doigt avant de parler svp !
212	Elève	Oui mais c'est normal parce qu'il n'y avait pas beaucoup de soleil

213	Enseignant	Et à ton avis, s'il y avait eu beaucoup de soleil est-ce que ça aurait fondu plus vite ?
214	Elève	Oui ça aurait fondu plus vite
215	Enseignant	D'accord. Et ça aurait mis plus de temps ou moins de temps qu'avec l'eau chaude ?
216	Elève	Plus de temps
<u>Episode 7 : L'acquisition et la structuration des connaissances</u>		
<i>Choix de la solution experte</i>		
217	Enseignant	Donc le meilleur moyen pour faire fondre un glaçon c'est de le mettre dans de l'eau chaude ?
218	Classe	Oui !
<i>L'expérience de la solution experte est réalisé par tous les groupes</i>		
219	Enseignant	Donc ce que je vous propose, c'est qu'on va tous refaire l'expérience avec l'eau chaude ! Pour montrer que le glaçon fond tout le temps. Ca permettra aussi à tous les groupes de l'observer
220	Enseignant	Attention ! L'eau est chaude, donc vous ne la touchez pas !
221	Enseignant	Regardez bien le glaçon !!!
222	Elève	Regarde il est déjà fondu
223	Elève	Il est presque fondu là !
224	Elève	Oh, il est tout petit
225	Enseignant	Alors, il est comment le glaçon ?
226	Elève	Il est déjà fini
227	Enseignant	Il est déjà fini ?
228	Groupe	Oui !
229	Elève	Maître, il a fondu !
<i>Structuration des connaissances</i>		
230	Enseignant	Alors, qu'est-ce que vous avez pu observer ?
231	Elève	Ca a fondu très vite
232	Elève	Encore plus vite que tout à l'heure
233	Enseignant	Et pourquoi ça a fondu encore plus vite que tout à l'heure ?
234	Elève	Parce que c'était de l'eau beaucoup plus bouillante
235	Enseignant	Voilà, c'était de l'eau encore plus chaude. Donc le glaçon a fondu plus rapidement
236	Enseignant	Et je ne sais pas si vous l'avez observé mais nous avons mis les glaçons dans l'eau chaude en même temps, et les glaçons ont fondu en même temps
237	Enseignant	Donc si on met les glaçons dans de l'eau à la même température, ils fondent en même temps
238	Enseignant	Moi j'ai fait une autre expérience. J'ai mis le glaçon dans de l'eau froide
239	Elève	Ca a fondu ?
240	Enseignant	Je vais passer vous le montrer.
241	Enseignant	Qu'est-ce que vous avez pu voir dans de l'eau froide ?

242	Elève	Ca a fondu mais un peu moins vite
243	Enseignant	Et pourquoi ça a fondu un peu moins vite ?
244	Elève	Parce que l'eau est froide et que le glaçon est froid
245	Enseignant	D'accord. Et tu as pu voir quelle différence avec de l'eau chaude ?
246	Elève	Avec de l'eau chaude, ça fond plus vite
247	Enseignant	Donc qu'est qu'il faut pour faire fondre un glaçon le plus vite possible ?
248	Elève	De l'eau chaude
249	Elève	De la chaleur
250	Enseignant	Voilà. Très bien. Donc pour faire fondre le glaçon, il faut apporter de la chaleur
251	Enseignant	On a vu qu'avec de l'eau froide, ça fondait un peu moins vite. Mais est-ce que ça fond quand même ?
252	Classe	Oui !
253	Enseignant	Et ça marche mieux avec quoi ?
254	Elève	Avec l'eau chaude
255	Enseignant	Lorsque vous avez tous réalisé l'expérience avec l'eau chaude, est-ce que ça a marché chaque fois ?
256	Elève	Oui !
257	Enseignant	Et est-ce que ça a mis le même temps pour fondre ?
258	Classe	Oui !
259	Enseignant	Et pour les glaçons qui étaient à l'extérieur ?
260	Elève	Ca a fondu mais très lentement
261	Enseignant	Et-ce que vous vous rappelez du terme qu'on a dit hier et qui permet de qualifier le passage de l'état solide à l'état liquide ?
262	Elève	La fusion
263	Enseignant	Très bien. Ca s'appelle la fusion

Annexe 2 : Traces écrites des élèves

On le met dans un micro-onde.
De le mettre dans une casserole avec de l'eau chaude.

Dans de l'eau chaude.
Le mettre au soleil.

Le soleil

Mettre de l'eau bouillante dans le vert