



HAL
open science

Des conceptions à la construction du savoir : l'électricité en CE1

Stéphanie Bouquet, Corinne Heliot

► **To cite this version:**

Stéphanie Bouquet, Corinne Heliot. Des conceptions à la construction du savoir : l'électricité en CE1. Education. 2013. dumas-00965443

HAL Id: dumas-00965443

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00965443>

Submitted on 25 Mar 2014

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

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



Année universitaire 2012-2013

Master Métiers de l'enseignement scolaire
Mémoire professionnel de deuxième année

Des conceptions à la construction du savoir

-

L'électricité en CE1

Présenté par BOUQUET Stéphanie – HELIOT Corinne

Discipline : Sciences physiques

Responsable du mémoire : Jean-Michel ROLANDO

Remerciements :

Aucun écrit ne peut se réaliser sans la contribution d'autrui. Ainsi ce mémoire est le résultat d'un travail continu qui n'aurait pu aboutir sans la contribution d'un certain nombre de personnes.

*Aussi nous souhaitons remercier notre directeur de mémoire
Jean-Michel ROLANDO pour ses conseils et sa disponibilité.*

*Madame Christiane LIOT, l'enseignante qui nous a accueillies
dans sa classe, et pour nous avoir laissé entrevoir la passion
d'un métier...*

*Ainsi que toutes les personnes, qui de près ou de loin, nous ont
soutenues, conseillées ou relues...*

Table des matières

INTRODUCTION	6
CADRE THEORIQUE	
I. Les conceptions des élèves en électricité	8
1.1. Conceptions générales	8
1.1.1. Définition.....	8
1.1.2. Quelles sont leurs caractéristiques ?	9
1.2. Conceptions particulières	10
1.2.1. Les conceptions en électricité	10
II. Que faire pour dépasser les conceptions.....	11
2.1. Différents modèles d'apprentissage	11
2.2. La généralisation	13
III. La schématisation dans les sciences	14
3.1. Définition	14
3.2. Rôle, intérêt	15
3.2.1. Langage pour communiquer : pas de conceptualisation sans langage	15
3.2.2. Représentation mentale du circuit électrique	16
PRESENTATION DE LA SEQUENCE	
Séance 1	18
Séance 2	18
Séance 3	19

Séance 4	20
Séance 5	21
Séance 6	21
Séance 7	22
Séance 8	23

PARTIE ANALYSE

I. Les conceptions repérées : pas autant que prévues	24
1.1. Recueil des conceptions initiales.....	24
1.2. Conceptions initiales.....	25
1.2.1. Unipolaire.....	25
1.2.2. Points de contacts.....	27
1.3. Ont-elles été dépassées ?	28
1.3.1. Expérimentation	28
1.3.2. Débats	29
1.4. Bilan des conceptions en fin de séquence	31
II. Schématisation	32
2.1. Un retour des conceptions	32
2.2. Quelles règles de schématisation ?	34
2.2.1. Les erreurs.....	34
CONCLUSION.....	37
BIBLIOGRAPHIE	39

Introduction

Pour tout enseignant, il est usuel de se confronter aux erreurs des élèves de sa classe et d'éprouver parfois des difficultés à les analyser, surtout lorsqu'il apparaît que celles-ci ne résultent en aucun cas d'erreurs d'inattention. Robardet et Guillaud ainsi que de nombreux didacticiens ont mis en avant que lors des situations d'apprentissage que l'on propose, les élèves ont parfois du mal à analyser les situations problèmes devant lesquelles les enseignants les posent car ils ne possèdent pas toujours, (ou n'ont pas encore acquis), les connaissances nécessaires à leurs résolutions. Ils se servent donc logiquement des seules connaissances qu'ils possèdent.

Les erreurs auxquelles nous devons nous intéresser sont les erreurs récurrentes qui résultent des conceptions des élèves. « L'erreur est un temps de la dialectique qu'il faut nécessairement traverser. [...] Elle est l'élément moteur de la connaissance. » (G. Robardet & J-C Guillaud, 1993, p132). En effet, sans se confronter à leurs erreurs, les élèves ne pourront pas comparer leurs premières conceptions sur le monde avec les connaissances scientifiques établies. Cependant, ces erreurs pourront être dépassées uniquement si elles sont exprimées. Ainsi, la place de l'erreur doit être repensée. Faire des erreurs ne doit pas être perçu négativement car cela signifie que, même si celles-ci sont incorrectes, les élèves se questionnent, raisonnent et possèdent un avis sur la situation problème. D'ailleurs, nous ne considérons pas les premières idées sur le monde comme étant des erreurs mais des conceptions premières.

Ainsi, pour tenter d'éclairer notre regard sur les conceptions des élèves, nous avons choisi, lors de notre stage de pratique accompagnée ayant eu lieu dans une classe de CE1 de l'école primaire des Clos Chevalier à Menthon St Bernard, de mener une séquence de physique (comportant 8 séances) d'électricité. Notre projet avait pour but la réalisation d'un circuit électrique simple (pile/fils/2ampoules/interrupteur) intégré à une marionnette. Ainsi, dans le cadre de ce mémoire, nous avons décidé de porter notre raisonnement sur la question suivante : « en fonction des objectifs prévus et des difficultés repérées, quelle démarche faut-il employer pour parvenir à analyser, comprendre et aider les élèves à dépasser leurs conceptions ? »

Dans une première partie, nous nous attacherons à définir la notion de conception de manière générale, puis nous nous attarderons plus longuement sur les conceptions particulières existantes en électricité ainsi qu'à leur provenance. Au cours de nos expériences en classe, nous nous sommes aperçues que la schématisation dans le domaine scientifique avait un rôle important pour aider les élèves à comprendre leur environnement. Dans un second temps, nous définirons la schématisation et parlerons de sa place dans une démarche d'investigation, de son rôle et de son intérêt dans le processus de conceptualisation.

Après avoir détaillé notre séquence pédagogique, nous nous pencherons dans une seconde partie sur l'analyse des données obtenues en classe. Ainsi, nous énumérerons les conceptions repérées dans la classe dans laquelle nous avons mené nos séances et expliquerons comment nous sommes parvenues à les faire émerger. Nous présenterons ensuite les pistes pédagogiques que nous avons suivies pour permettre aux élèves de dépasser leurs conceptions. Enfin, nous noterons si les dispositifs mis en place ont permis l'évolution de celles-ci au fil des séances. La deuxième phase de cette partie analyse consistera à analyser les erreurs de schématisation des élèves. Tout en étant une aide, la schématisation peut également s'avérer être source de difficultés pour les élèves ; en effet, on y observe souvent le retour des conceptions. Pour terminer, nous ferons donc un point sur l'importance et le but des règles de schématisation.

CADRE THEORIQUE

I. Les conceptions des élèves en électricité

1.1. Conceptions générales

1.1.1. Définition

Les conceptions des élèves sur le monde et les objets techniques sont les premières images que les enfants se créent du fonctionnement de leur environnement et de l'interaction avec celui-ci. Dans le Larousse numérique, le terme conception est défini comme l'« action d'élaborer quelque chose dans son esprit, de le concevoir ; résultat de cette action » et comme étant la « manière particulière de comprendre une question ; opinion, représentation, idée que l'on peut se faire de quelque chose ». Selon cette définition, on laisse entendre que chaque personne a une conception particulière sur un objet, une situation. En didactique des sciences, Robardet et Guillaud définissent la conception comme des « processus mentaux mis en œuvre » par l'élève (1993). Elle serait dépendante des questions que l'enfant se pose et de façon générale ne prend de véritable sens qu'en référence à la situation qui a permis son émergence. Chaque personne se créera donc une conception propre face à une situation. Robardet et Guillaud soulignent que chez un même individu, plusieurs conceptions peuvent coexister avant de ne pouvoir évoluer qu'à long terme.

Si chacun peut se créer des conceptions uniques et singulières, il existe néanmoins, une certaine régularité dans les conceptions. Dans le cadre scolaire, Samuel Joshua et Jean-Jacques Dupin (1993) ont identifié dans leur ouvrage *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, que dans des populations semblables d'élèves confrontés à des problèmes identiques, on retrouvait systématiquement les mêmes types d'erreurs caractéristiques, et donc les mêmes différentes conceptions de base. Il est ainsi possible de les identifier et de les remarquer de manière plus ou moins forte dans les différentes populations observées.

Les conceptions sont donc nombreuses et systématiques. Ainsi, dans le cadre de l'enseignement, nous ne pouvons pas et il ne faut pas les négliger. Il est nécessaire de les prendre en compte afin de faire évoluer de manière positive ces représentations erronées et fortes du monde et des objets. Dans les apprentissages scolaires et notamment dans les matières scientifiques, Jean-

Pierre Astolfi dénote que bien souvent les élèves connaissent le vocabulaire spécifique, mais ne disposent pas mentalement des idées que celui-ci représente. Ils ne sont pas non plus en mesure de distinguer le concept des exemples qui ont servi à le construire (Astolfi & al, 2008, p.24).

1.1.2. Quelles sont leurs caractéristiques ?

Selon les auteurs, on retrouve plusieurs causes à la genèse des conceptions mais leurs caractéristiques générales sont assez semblables.

Dans leur ouvrage, Robardet et Guillaud exposent les points de vue de différents chercheurs sur les causes des conceptions des élèves. Selon André Giordan (1993, p.136), les conceptions des individus sont souvent très solides et ce à juste titre. Elles sont en effet cohérentes avec l'environnement socio-culturel de l'individu puisqu'elles se construisent à partir des relations qu'il entretient avec les autres membres de son environnement proche. Avant d'entrer à l'école, l'enfant a donc construit des réponses à ses questionnements, seul ou avec autrui. Ces conceptions sont ainsi déjà ancrées en lui avant même le commencement de son apprentissage. Cette caractéristique est également corroborée par S. Joshua et Dupin dans leur ouvrage *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*.

En outre, selon J.P Astolfi et M. Develay, « tout apprentissage vient en effet interférer avec un « déjà-là » », (Robardet et Guillaud, 1993, p.137) c'est-à-dire que l'enseignement délivré par le professeur va nécessairement se heurter à ce qu'il y a déjà dans l'esprit de l'élève à partir du moment où il a, en amont, essayé de construire quelque chose avec les « outils » qu'il avait à sa disposition. Dans cette phase de conflit cognitif entre des conceptions premières et l'apprentissage nouveau, l'élève ne se rend souvent pas compte que ce que l'enseignant lui montre est en contradiction totale avec ce qu'il pense. J. Désautels et M. Larochelle, (Robardet et Guillaud, 1993, p.138), quant à eux font remarquer que les conceptions construites par les enfants en amont des apprentissages scolaires ne sont pas le résultat d'une réflexion scientifique. Celles-ci sont donc retenues dans leur mémoire comme une réalité immuable, une vérité générale. Cependant, même si elles sont fausses sur le plan scientifique, elles servent d'explication pour l'apprenant prouvant qu'il est capable de se questionner.

C'est pourquoi, comme nous l'avons dit précédemment, nous rappelons qu'il est absolument nécessaire de prendre en compte les conceptions initiales des élèves si l'on souhaite parvenir à créer un système d'apprentissage efficace.

1.2. Conceptions particulières

1.2.1. Les conceptions en électricité

Dans le cadre de notre mémoire, nous nous sommes intéressées à la découverte de l'électricité en cycle 2. Selon Robardet, Guillaud (1993) et de nombreux auteurs, les conceptions en électricité sont particulièrement nombreuses, et beaucoup d'entre elles perdurent dans le temps, parfois même jusqu'à la fin de l'enseignement universitaire. Malgré les enseignements qui nous poussent à entrer en conflit avec elles, celles-ci sont très difficiles à gommer. Comme nous l'avons dit précédemment, Samuel Joshua et Jean-Jacques Dupin, dans *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques* (2008, p. 172-177), ont identifié un certain nombre de conceptions particulières que l'on retrouve systématiquement dans différents groupes de sujets étudiés. Ces conceptions sont les suivantes :

- La conception unipolaire : c'est le fait que les élèves tentent d'allumer une ampoule avec une pile en établissant uniquement un seul point de contact. Bien que cette conception puisse persister un court moment lors du montage, il n'est pas surprenant qu'elle réapparaisse lors de la schématisation même une fois que le montage a été réalisé correctement.
- La conception unifilaire : cette conception rejoint la précédente. Dans la conception unipolaire, il s'agissait d'allumer l'ampoule uniquement avec la pile, ici il s'agit d'allumer l'ampoule loin de la pile donc par l'intermédiaire de fils électriques. L'idée est la suivante : un seul fil (soit un point de contact) suffit pour faire briller l'ampoule.

Ces deux précédentes conceptions se retrouvent très souvent, notamment chez les enfants de 8 à 10 ans.

- La conception des courants antagonistes : lorsque la conception unifilaire est dépassée, celle des courants antagonistes apparaît. Ces deux conceptions regroupent à nouveau la conception unipolaire des élèves. En observant qu'avec un seul fil l'ampoule ne s'allume pas mais qu'avec deux fils branchés sur chaque borne de la pile et reliés au culot et au plot de l'ampoule cela fonctionne, ils sont bien obligés d'admettre qu'allumer une ampoule loin d'une pile requiert comme matériel nécessaire deux fils. Cependant, le fondement de leur conception n'a pas disparu pour autant. Certes, il faut deux fils mais dans l'esprit de l'élève les choses se passent de la façon suivante : un courant positif sort d'une des bornes de la pile et « monte » jusqu'à la lampe, tandis qu'un courant négatif sort de l'autre borne de la pile et

« monte » également jusqu'à la lampe. Ces deux courants contraires se rejoignent dans la lampe ce qui donne naissance à la lumière.

- La conception circulatoire avec « épuisement » du courant : à un âge plus avancé, les élèves rejettent assez aisément la conception des courants antagonistes et semblent accepter que le courant circule. Cependant, « le courant issu de la pile traverse l'ampoule pour retourner à la pile, [et] ressort de l'ampoule avec une intensité moindre qu'à l'entrée. » (Guy Robardet et Jean-Claude Guillaud, 1993, p147). En effet, les élèves pensent que la pile contient quelque chose qu'ils appellent électricité et qui est envoyée par l'ampoule qui la consomme. Ce même quelque chose ressort de l'ampoule pour retourner à la pile mais en quantité moindre puisqu'une partie a été consommée par l'ampoule pour la faire briller. C'est une des conceptions les plus résistantes chez les élèves qui constitue un des plus grands obstacles à la progression des élèves selon Robardet et Guillaud (1993, p.147)

Quelles que soient ses conceptions, l'élève réalisera toujours l'adaptation minimale nécessaire à sa compréhension du monde (Joshua et Dupin, 1993, p.177). Elles ne seront dépassées que par étapes successives et lentes.

II. Que faire pour dépasser les conceptions

Les didacticiens ont montré la très forte solidité des conceptions. Si l'enseignant n'y prend pas garde, elles demeureront inchangées jusqu'à un niveau important de la scolarité. Il faut donc que les enseignants établissent des stratégies pour pouvoir amener les élèves à les dépasser. Ainsi, le but de l'enseignant n'est non pas de fournir à l'élève « une culture expérimentale mais bien de changer de culture expérimentale » (Robardet et Guillaud, 1993, p135). C'est seulement en prenant en compte les conceptions des élèves que l'enseignant pourra évaluer l'écart entre leurs savoirs de départ et l'objectif final défini par l'enseignant. Ainsi, s'impose à l'enseignant plusieurs choix didactiques qu'il peut mettre en place au sein de sa classe pour faire évoluer les conceptions de ces élèves.

2.1. Différents modèles d'apprentissage

Plusieurs modèles didactiques ont donc été proposés. Dans le cadre de notre étude, nous n'allons pas tous les aborder, mais nous intéresser seulement à ceux utiles dans le cadre d'une démarche d'investigation en sciences physiques.

La conception empiriste met l'accent sur le concret et le réel. On valorise au sein de la classe les expériences et manipulations comme étant l'unique moyen de construire les connaissances scientifiques. Dans une telle situation, on suppose que les connaissances s'élaborent de manière naturelle grâce à la confrontation au réel et à la manipulation.

Néanmoins, dans le cadre de l'électricité, l'obtention de l'allumage ne suffit pas pour que l'élève puisse dire qu'il a compris le fonctionnement d'un circuit électrique. Selon Piaget (cité par J-C Fourneau, M. Hersant et D. Orange Ravachol dans la revue *Grand N*, 2006) il faut qu'il puisse être capable d'expliquer sa réussite en termes de conditions ou de fonctionnement, c'est-à-dire, expliquer la démarche de l'expérience.

Une conception constructiviste ou socioconstructiviste de l'activité scientifique semble être plus appropriée à une pratique en classe. Le constructivisme consiste à créer un déséquilibre dans les conceptions et les connaissances de l'enfant lorsqu'on le place face à une nouvelle situation ou un problème qu'il n'est pas en mesure de résoudre avec ses conceptions initiales. L'élève est donc face à un conflit cognitif auquel il tente de faire face grâce à un système d'essais/erreurs pour résoudre le problème. Le socioconstructivisme va plus loin en établissant des interactions orales entre pairs ou avec l'enseignant de manière à ce que les élèves échangent, confrontent leurs points de vue et trouvent une solution. Ainsi, l'élève est amené à verbaliser sa pensée et la méthode qu'il a appliquées.

Ces deux courants ne se limitent pas à l'observation et à l'expérimentation comme précédemment, mais ils valorisent les propositions explicatives des élèves, les situations de débat où les idées (qu'elles soient juste ou fausses) sont mises à l'épreuve de la critique. Dans de telles conceptions, les savoirs scientifiques ne se réduisent pas aux solutions de problèmes explicatifs, ils comprennent aussi les raisons et les justifications de ces solutions.

Cependant, dans toutes les situations d'apprentissage mises en place, l'enseignant doit toujours faire attention à rester dans la zone proximale de développement de l'enfant, concept développé par Vygotsky¹. Il faut donc que les situations problèmes données aux élèves soient suffisamment complexes pour créer un conflit cognitif, mais qu'elles ne soient pas trop difficiles non plus pour ne

¹ http://www.scienceshumaines.com/lev-vygotski-1896-1934-pensee-et-langage_fr_9754.html

pas que les élèves soient dans l'incapacité totale de trouver une solution et finissent par se décourager.

2.2. La généralisation

Outre les modèles didactiques décrits précédemment, la généralisation peut être également un autre moyen de désancreur partiellement les conceptions des élèves. La généralisation consiste à étendre un savoir scientifique étudié dans une situation spécifique, à un domaine plus large. Par exemple, là où les élèves ont appris à allumer une ampoule à distance d'une pile plate et en ont compris les branchements nécessaires, leur demander de réaliser le même montage avec une pile ronde ou un moteur appartient à la généralisation. Ils possèdent les connaissances essentielles pour réaliser le montage mais le contexte est différent. Ces nouvelles situations serviront à fixer les apprentissages et à amener les élèves à élargir les compétences acquises à d'autres niveaux. Ainsi, les élèves vont se rendre compte que ce qu'ils apprennent dans un contexte spécifique, peut être étendu dans des domaines plus larges.

Dans le document pédagogique de J-M Rolando, *Electricité à l'école élémentaire*, l'auteur souligne que généraliser est important dans la démarche scientifique surtout que cela ne va pas de soi chez les élèves. En effet, la généralisation consolide les apprentissages, donne confiance aux élèves, et ouvre leur esprit au-delà du cadre scolaire. Ainsi, elle évite de lier et de figer leurs apprentissages uniquement au monde de l'école. Si on ne prend pas l'habitude d'amener les élèves à généraliser, les nouvelles activités (en lien avec l'apprentissage précédent) apparaissent à leurs yeux comme des situations problèmes, inédites alors qu'elles requièrent pourtant les mêmes compétences que l'apprentissage précédent.

Grâce à ce dispositif, l'enseignant aura la possibilité d'observer les stratégies des élèves, leur réflexion (mettent-ils ou non en lien avec ce qu'ils ont appris précédemment?) et de noter le retour ou non des conceptions initiales.

Dans cette première partie, nous nous sommes intéressées à la notion de conception d'une manière globale dans un premier temps puis, dans un second temps, nous nous sommes recentrées sur les conceptions particulières qui pouvaient exister en électricité. Pour clore cette partie, nous avons également accordé de l'importance aux stratégies théoriques et pratiques à mettre en place afin de dépasser ces conceptions.

Cependant, il est improbable d'envisager l'enseignement de l'électricité sans la schématisation. Les différents composants d'un circuit électrique sont strictement codifiés. Mais ce n'est pas pour cela que la schématisation ne pose pas de problème aux élèves... au contraire ! L'enseignement et l'apprentissage de la schématisation font partie intégrante de l'enseignement et de l'apprentissage de l'électricité : respecter les règles de la schématisation, respecter les symboles, c'est apprendre à faire des schémas. Au contraire de ce que l'on pourrait penser, les règles de représentation ne sont pas si simples à intégrer et à respecter, elles peuvent changer et être interprétées différemment selon les conditions dans lesquelles elles sont exposées. Dans cette seconde partie, nous aborderons donc la schématisation dans les sciences d'une manière générale pour ensuite nous intéresser, malgré les difficultés qu'elle engendre, à son rôle et à son intérêt en suivant deux axes principaux : l'importance du langage dans la conceptualisation ainsi que la prise de conscience de l'utilité de la schématisation.

III. La schématisation dans les sciences

3.1. Définition

En sciences, un schéma est un tracé sur lequel figurent les éléments essentiels d'un objet, d'un phénomène ou d'un processus. Il est destiné à faire comprendre son fonctionnement à autrui. Buty et Peterfalvi (2009) le définissent comme un intermédiaire conceptuel, c'est-à-dire, une manière de représenter une pensée, un objet et ses diverses perceptions, afin d'en organiser sa connaissance. Dans les apprentissages scientifiques à l'école, il est nécessaire et primordial de favoriser l'expression des conceptions, non seulement à l'oral lors des moments de confrontation et de débat, mais aussi par l'écrit ou le dessin. En effet, Jean-Pierre Astolfi & al, soulignent que l'emploi de différentes formes écrites contribue à transformer les représentations et conceptions préétablies des élèves. L'écrit oblige l'élève à créer un lien entre ce qu'il observe, dit, ou représente graphiquement et ses idées mentales parfois approximatives (Comment les enfants apprennent les sciences, 1998, p.77).

Selon les travaux de Peraya repris dans l'ouvrage de Buty et Peterfalvi, la schématisation occupe cinq fonctions :

- L'abstraction : c'est-à-dire qu'un schéma ne retrace que les éléments essentiels et généraux en ne prenant pas en compte les particularités.
- La centration : le fait de ne retenir que les éléments essentiels permet de recentrer l'attention sur les caractéristiques générales de l'objet et de le percevoir dans sa globalité.
- L'objectivation : permettre la matérialisation d'une image mentale

- La potentialité synoptique : « les différents éléments essentiels peuvent être représentés simultanément, et non plus successivement comme il peut arriver dans le réel. ». Par exemple, dans le cas d'un circuit électrique, on le représente dans son intégralité, avec tous les composants essentiels déjà liés. On ne représente pas les nombreuses étapes nécessaires à effectuer pour obtenir le montage final.
- L'économie cognitive : un schéma permet généralement de remplacer un texte et donc de diminuer la charge de mémorisation.

Illustrons ces différentes caractéristiques par le cas qui nous occupe dans ce mémoire : la schématisation d'un circuit en électricité. L'élève devra apprendre qu'il ne doit pas prendre en compte des éléments qui ne sont pas centraux dans l'élaboration d'un branchement. Ainsi, il faudra leur expliquer qu'on n'écrit pas la marque de la pile, ni son voltage comme les élèves peuvent le faire en premier lieu, mais également qu'il n'est pas nécessaire de représenter les éléments en volume ou en 3D tels qu'ils le perçoivent. Il est important de leur expliquer que seuls les éléments et les informations nécessaires pour réaliser et visualiser le circuit sont à représenter.

Pour Peraya, ces différentes fonctions sont sources de difficulté pour les élèves. Néanmoins, elles possèdent de nombreux avantages. L'objectif de son enseignement est de les faire ressortir et de les intégrer de façon optimale. Il faut pour cela doser les moments où les savoirs se construisent grâce à la compréhension, à l'interprétation et à la production de schémas et le moment où ils ne peuvent se construire que par la liaison avec le langage.

3.2. Rôle, intérêt

3.2.1. Langage pour communiquer : pas de conceptualisation sans langage

La schématisation, comme l'affirment F. Souchal et P. Beauvry, permet de retrouver le cheminement de la pensée d'un élève (2000, fiche enseignant 1). Exprimer les informations sur ses conceptions par l'écrit possède une double utilité dégagée par Astolfi & al (1991, p.115-116):

- Permettre au professeur de prendre conscience de certaines représentations des élèves et ainsi de comprendre des difficultés jusqu'alors non remarquées
- Permettre des confrontations à même de générer de nouvelles idées entre pairs. Ainsi, on peut produire de nouvelles figurations ou bien émettre verbalement des idées à l'occasion du dialogue rendu possible par les confrontations précédentes.

Il serait donc judicieux de varier le type de démarche : expérimentation puis schématisation, et de proposer la démarche inverse schématisation puis expérimentation. Le modèle d'apprentissage devient donc clairement déductif : « non pas manipuler pour comprendre mais comprendre pour pouvoir manipuler » (Buty et Peterfalvi, 2009, p.124). Il ne reste cependant pas évident de définir quel est le moment optimal pour aborder la schématisation dans le processus d'apprentissage. Doit-elle venir en amont d'une manipulation ou au contraire servir à « mettre en mot » cette manipulation ?

Dans tous les cas, il est essentiel que la schématisation soit mise en relation avec le langage verbal de manière à élaborer et construire des connaissances. En effet, dans les conflits sociocognitifs comme nous les avons évoqués, mais également dans les phases de manipulation, il est central que l'enseignant soit présent pour aider les élèves à structurer leur discours. Les élèves doivent ainsi apprendre à adapter leurs discours au contexte d'expérimentation dans lequel ils évoluent. Ils doivent, au fur et à mesure, s'appropriier le vocabulaire scientifique spécifique afin de construire un savoir précis. Ainsi, dans les phases de dialogue, c'est l'enseignant qui doit veiller à structurer et à organiser les interactions pour qu'elles soient les plus bénéfiques possibles.

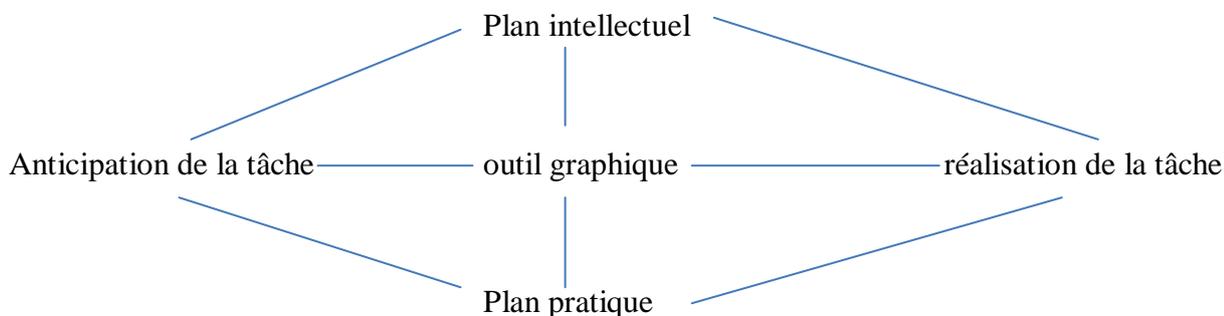
Ainsi, la simple manipulation passant par l'expérimentation des élèves ne peut suffire à construire et à consolider leur esprit scientifique. Réussir l'expérience ne signifie pas nécessairement avoir compris tous les phénomènes en jeu. Il ne peut donc y avoir de conceptualisation sans langage. En effet, comme l'affirment Soudani et Héraud (dans l'ouvrage coordonné par Buty et Peterfalvi), « la formation de l'esprit scientifique ne peut reposer sur la seule activité manipulative des élèves. Elle ne peut être assurée que si elle est accompagnée d'une pratique de questionnement. » (Buty et Peterfalvi, 2009, p.130).

3.2.2. Représentation mentale du circuit électrique

La conceptualisation et la schématisation accompagné du langage permet donc de poser les bases d'un apprentissage nouveau. Néanmoins, la schématisation ne peut s'élaborer sans une représentation mentale et intérieure du circuit électrique réalisé. En effet, plusieurs actions entrent en jeu lors de la réalisation d'une schématisation. Jean-Pierre Astolfi & al expliquent dans leur ouvrage *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales* que la réalisation d'une représentation graphique met simultanément en action une anticipation du montage à effectuer et l'anticipation de la réalisation du montage. Autrement dit, l'élève s'imagine le matériel nécessaire, le montage à faire et les différents branchements puis anticipe les actions à effectuer.

De plus, entre les opérations intellectuelles qu'il vient de réaliser et les opérations physiques qu'il doit faire, l'élève morcelle les différentes étapes et peut ainsi les représenter schématiquement au travers de l'outil graphique.

On peut résumer ces liens par le schéma suivant :



Par ces procédures, les élèves apprennent l'utilité de réfléchir aux raisons pour lesquelles on effectue telle ou telle action. Lorsqu'ils se livrent à une manipulation insérée dans un raisonnement expérimental, ils prennent conscience de l'aide importante que fournit un écrit condensé et structuré, à la fois pour prévoir quoi faire, et également pour savoir où ils en sont dans la réalisation des actions.

Néanmoins il faut prendre en considération qu'il existe de nombreux systèmes graphiques. Avant que l'élève puisse les reproduire, il faut qu'il ait l'occasion de les connaître et de les comprendre. Il faut également qu'il saisisse que toutes les personnes qui souhaitent lire son schéma puissent le comprendre instantanément et qu'il faut donc pour cela établir un système de signes clairs et communs à tous (souvent établi par l'enseignant). Cela peut ainsi poser des difficultés importantes aux élèves qui doivent en premier lieu apprendre et comprendre ces codes avant de pouvoir les transposer dans leurs productions.

Pour dépasser ces difficultés, il serait nécessaire que les élèves soient convaincus de l'utilité des schémas afin de pouvoir s'intéresser à la schématisation. Il faut qu'ils prennent conscience que grâce aux schémas, ils peuvent résoudre des situations problèmes, expliquer des choses plus difficiles à exprimer par des phrases et donc moins représentatives. Ainsi, l'enseignant doit mettre en avant quelques fonctions des schémas décrites précédemment à certains moments de l'enseignement et en occulter à d'autres. L'objectif étant que tous les aspects des schémas soient abordés au cours d'une séquence. L'apprentissage et l'intérêt des schémas ne résident donc pas uniquement dans le fait de réaliser une production graphique mais dans la compréhension de sa lecture, son analyse, la verbalisation et la confrontation des élèves de la classe. C'est ainsi et seulement ainsi que le schéma prend tout son sens et son intérêt.

Présentation de la séquence

L'objectif global de la séquence est de savoir réaliser un circuit électrique comprenant deux ampoules, une pile et un interrupteur. Pour cela, les élèves doivent comprendre la notion de circuit électrique. En se limitant à un circuit en série, le but est que les élèves comprennent la bipolarité et la continuité du courant électrique, qu'un générateur peut alimenter un récepteur (limité à pile et ampoule), ainsi que le rôle joué par l'interrupteur dans le circuit. Enfin, il faut que les élèves sachent schématiser et qu'ils comprennent les règles spécifiques liées à la schématisation. Pour accompagner ces apprentissages, nous nous sommes appuyées sur une marionnette que nous avons réalisée en amont, comprenant le circuit électrique final, les ampoules étant positionnées à la place des yeux.

Séance 1

Objectif :

- Réaliser un circuit pile et ampoule

Déroulement

- Présentation de la marionnette à la classe, ampoules allumées.
- Par écrit, les élèves émettent des hypothèses sur les éléments qui permettent de faire briller les ampoules.
- Présentation oral de l'objectif de la séance : faire briller l'ampoule avec une pile.
- Expérimentation individuelle des élèves
- Schématisation de leur montage
- Mise en commun collective à partir des montages des élèves

Au cours de cette séance, nous avons recueilli deux types de données qui nous permettent de repérer les conceptions des élèves :

- Les prévisions avant l'expérience par écrit sur les éléments de la marionnette
- Les essais réalisés pendant l'expérience

Séance 2

Objectif :

- Réaliser un circuit pile ampoule et fils

Déroulement

- Retour oral collectif sur l'expérience de la première séance expliquée par les élèves

- Présentation de la situation problème : comment faire briller l'ampoule loin de la pile ?
- Émission d'hypothèses par les élèves à l'oral
- Introduction de la douille
- Demande de matériel par écrit via un système de bon de commande

Pour allumer l'ampoule loin de la pile j'ai besoin de :

- 1 pile
- 1 ampoule avec une douille
- fil(s)

- Expérimentation individuelle des élèves
- Schématisation de leur montage
- Mise en commun orale de l'expérimentation uniquement

Type de données recueillies :

- Bons de commande initiaux et modifiés
- Essais réalisés pendant l'expérience

Séance 3

Objectif :

- Savoir schématiser un circuit pile et ampoule
- Savoir schématiser un circuit pile, ampoule et fils

Déroulement

- Retour collectif à l'oral sur la séance 1
- A partir de 3 schématisations différentes d'élèves réalisées en séance 1 (pile et ampoule), débat sur les informations essentielles ou non et la façon de schématiser les éléments.
- Demander aux élèves ce que signifie pour eux « schématiser »
- Formulation reprise par l'enseignante pour institutionnaliser la notion.
- Etablissement des règles de schématisation.
- A partir des éléments donnés par les élèves, l'enseignante réalise le schéma du montage réalisé en première séance que les élèves recopient.
- Les élèves complètent un texte à trous expliquant le schéma d'abord individuellement sur le cahier d'essai, puis en collectif.

Pour allumer l'ampoule uniquement avec la pile, je dois mettre le de l'ampoule sur la de la pile. Et je dois mettre le de l'ampoule sur la de la pile.

- En reprenant 2 schématisations des élèves réalisées en séance 2 (pile, ampoule et fils), débat sur les informations essentielles pour la schématisation.
- A partir des éléments donnés par les élèves, l'enseignante réalise le schéma de la séance 2 que les élèves recopient.
- Les élèves complètent un texte à trous individuellement puis collectivement.

Pour allumer l'ampoule loin de la pile, j'ai besoin de fils électriques . Je branche un sur la petite languette de la et sur un côté de la Je branche l'autre sur la grande languette de la et sur l'autre côté de la

Types de données recueillies :

- Enregistrement du débat sur la schématisation

Séance 4

Objectif :

- Comprendre la bipolarité du circuit électrique

Déroulement

- Retour sur les expériences des séances 1 et 2 en collectif
- Chaque élève a une ampoule sur sa table. Débat sur : A quoi ressemble une ampoule ? de quoi est-elle composée ? Mise en avant du plot, culot, globe en verre et filament à l'intérieur
- L'enseignante distribue une fiche sur laquelle l'élève est amené à dessiner les éléments cachés de l'ampoule (d'où vient le filament et où va-t-il).
- Mise en commun collective. L'enseignante demande à représenter au tableau les différentes conceptions.
- Pour vérifier quelle hypothèse est la bonne, division de la classe en 3 groupes de 8 élèves. Observation avec un enseignant référent (soit PEMF soit stagiaire) d'une ampoule désossée. Mise en avant des points de contact : culot et plot.

- Mise en commun collective en groupe classe.
- Trace écrite. Les élèves schématisent le filament comme observé, et légendent le dessin de l'ampoule.

Type de données recueillies

- Conceptions des élèves sur l'intérieur de l'ampoule

Séance 5

Objectif :

- Réinvestissement des connaissances récemment apprises

Déroulement

- Évaluation formative sur feuille composée de 4 exercices :
 - Être capable de définir si l'ampoule brille ou non selon les différents schémas proposés (ampoule et pile).
 - Même exercice mais lorsque l'ampoule est loin de la pile (intégration des fils).
 - Dessiner l'intérieur de l'ampoule et légender le dessin de l'ampoule (globe en verre, culot, plot) puis répondre à la question : comment s'appelle le petit fil à l'intérieur de l'ampoule ?
 - Remplir un bon de commande avec le matériel nécessaire pour allumer l'ampoule loin de la pile.
- Consignes lues par l'enseignante et répétées par un élève pour s'assurer de la bonne compréhension.
- Exercices réalisés un à un par l'ensemble de la classe (utilisation du minuteur si nécessaire).

Type de données recueillies

- Vue d'ensemble sur la progression des conceptions des élèves

Séance 6

Objectif :

- Intégrer un interrupteur dans un circuit simple
- Comprendre la notion : circuit ouvert/circuit fermé

Déroulement

- Retour oral et collectif sur la séance 3

- Présentation de la situation problème aux élèves : comment éteindre et allumer l'ampoule sans avoir à débrancher le circuit ?
- Recueil oral et discussions sur les hypothèses des élèves.
- Mise en avant de l'interrupteur par les élèves eux-mêmes.
- Définition collective par les élèves de ce qu'est un interrupteur, son utilité, sa composition intérieure et son fonctionnement
- Pour vérifier leurs hypothèses et éclaircir leurs définitions, division de la classe en 3 groupes de 8 élèves. Observation avec un enseignant référent (soit PEMF soit stagiaire) d'un interrupteur désossé. Mise en avant des deux petites lamelles qui sont en contact lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir fermant le circuit (et inversement).
- Mise en commun orale et collective.
- Explication précise par l'enseignante des questions posées précédemment et de la notion de circuit ouvert/circuit fermé.
- Trace écrite. L'enseignante réalise le schéma du circuit avec une des deux positions de l'interrupteur que les élèves recopient puis distribue deux textes à trous (pour les deux positions de l'interrupteur).
- Les élèves remplissent les textes à trous individuellement puis collectivement.

Type de données recueillies

- Conceptions des élèves sur l'utilité et le fonctionnement de l'interrupteur
- Les essais réalisés lors de l'expérience

Séance 7

Objectif :

- Réaliser un circuit en série simple (avec 2 ampoules)

Déroulement

- Retour oral et collectif sur la séance 6
- Présentation de la situation problème : aujourd'hui j'aimerais qu'on reproduise le circuit de la marionnette, est-ce que j'ai tous les éléments nécessaires pour le faire ?
- Distribution d'un bon de commande que les élèves doivent remplir pour obtenir le matériel
- Récupération du matériel.

- Expérimentation individuelle par les élèves qui peuvent venir modifier leur bon de commande pendant l'expérience.
- Schématisation de leur montage.
- Mise en commun collective à partir des montages des élèves.
- Dévoilage du circuit caché sous la marionnette et comparaison avec le circuit réalisé par les élèves.
- Schématisation du circuit par l'enseignante que les élèves recopient.

Type de données recueillies :

- Bons de commande
- Essais réalisés lors de l'expérience

Séance 8

Objectif :

- Reproduire le circuit de la marionnette du début à la fin

Déroulement

- 6 groupes de 4 élèves vont réaliser la marionnette (la tête et le corps de la marionnette étant déjà fournis par l'enseignant)
- Distribution d'un bon de commande vierge qu'ils remplissent individuellement
- Création des groupes et comparaison de leurs bons de commande
- Après s'être mis d'accord, réécriture d'un seul bon de commande pour l'ensemble du groupe
- Distribution du matériel, possibilité de venir modifier son bon de commande si erreurs perçues
- Réalisation de la marionnette

Type de données recueillies

- Bons de commande individuels
- Bons de commande collectifs

PARTIE ANALYSE

I. Les conceptions repérées : pas autant que prévues

1.1. Recueil des conceptions initiales

Lors de notre première séance, nous avons présenté à la classe la marionnette à partir de laquelle nous allons travailler sur les séances prochaines. De manière à prendre connaissance des différentes conceptions initiales qu'avaient les enfants de notre classe, nous leur avons demandé d'indiquer tout le matériel nécessaire à la construction du circuit permettant de faire briller les deux yeux de la marionnette. Lorsque nous avons relevé les différentes réponses, sur les 21 élèves présents ce jour là, nous avons pu établir différents profils :

- 7 élèves ont une idée juste des composants du circuit (1 pile, des fils, 2 ampoules) et 5 d'entre eux pensent à un interrupteur
- 4 élèves indiquent tous les composants mais précisent qu'ils n'auraient besoin que d'un fil
- 2 élèves n'évoquent pas les fils
- 3 élèves n'ont pas l'idée d'un générateur
- 3 élèves ne retiennent pas l'idée d'un récepteur ou du bon nombre de récepteurs (ampoules) bien qu'ils soient visibles sur la marionnette
- 1 élève n'indique ni un générateur ni un récepteur (il n'écrit qu'un bouton et des fils).
- 1 élève n'a pas su répondre

On peut déjà apercevoir l'ébauche de plusieurs conceptions différentes. En effet, si un tiers de la classe a déjà une idée très précise des composants d'un circuit électrique, on note surtout que les deux autres tiers ont des conceptions moins précises. En l'occurrence on voit peut-être apparaître l'idée de la conception unipolaire chez les élèves n'ayant demandé qu'un fil. Enfin, un tiers de la classe semble n'avoir qu'une très vague idée du fonctionnement d'un circuit, ne demandant pas de générateur (qu'il l'ait appelé pile, énergie ou autre) ou de récepteur. Par ailleurs, un élève s'est retrouvé bloqué dans l'anticipation du circuit. On peut penser que ces élèves ne se sont peut être pas retrouvés confrontés dans des expériences passées à ce type de problème, que ce soit à l'école ou dans leur environnement familial, ou qu'ils n'aient réalisé des circuits électriques que de manière décontextualisée, sans faire appel au fonctionnement d'un objet réel et donc à l'anticipation et à l'imagination des composants du circuit.

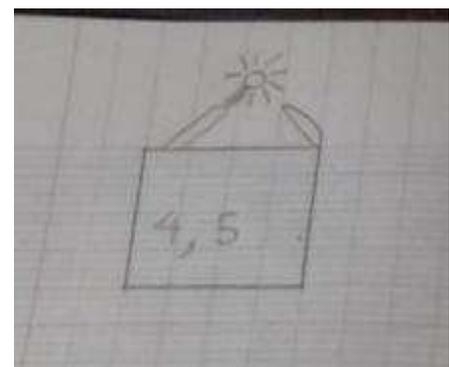
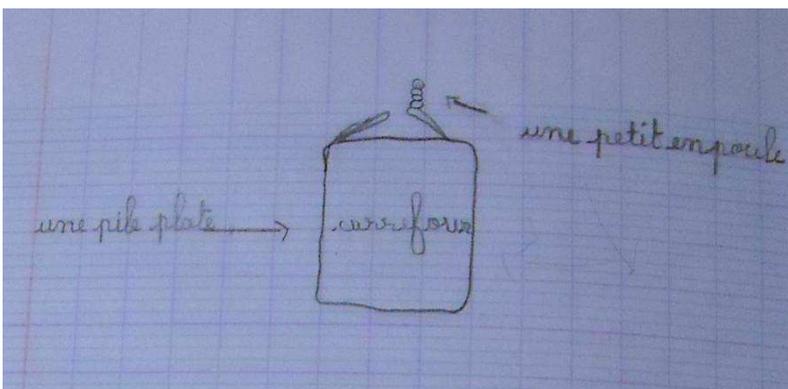
Au vu de ces réponses, il a fallu que nous aiguillions le tiers des élèves qui n'avait pas pensé au générateur sur l'idée de la pile. Nous avons donc demandé à chacun la liste du matériel qu'ils pensaient nécessaire. Après discussion, l'ensemble de la classe a accepté la présence de la pile et des deux ampoules même s'il restait encore des doutes sur le nombre de fils nécessaires et sur l'existence ou non d'un interrupteur. La confrontation entre pairs a probablement contribué à mettre en conflit leurs idées avec celles des autres et les amener à les valider ou non via les arguments des autres.

L'objectif second de notre première séance était de mettre les élèves en phase d'expérimentation et de se familiariser avec le matériel. Nous leur avons posé comme problème de réussir à allumer l'ampoule juste avec la pile. A notre grande surprise, l'expérimentation a été très rapide puisqu'en quelques secondes toutes les ampoules étaient allumées. Nous avons d'abord pensé que notre expérimentation devait être trop simple, mais en demandant aux élèves de dessiner le montage pour faire briller leur ampoule, nous avons pu repérer qu'il y avait un net décalage entre la manipulation qu'ils réalisaient et le dessin qu'ils en faisaient. De plus, nous avons pu avec le recul nous rendre compte que nous avons commis une erreur en distribuant le matériel. En effet, en donnant les piles, nous avons laissé les deux languettes baissées, d'où une plus grande facilité pour les élèves à pouvoir allumer l'ampoule par hasard. Néanmoins, cette erreur nous a finalement obligées à orienter la séance sur la schématisation plus que sur la manipulation et ainsi établir plus clairement les conceptions qu'avaient les élèves.

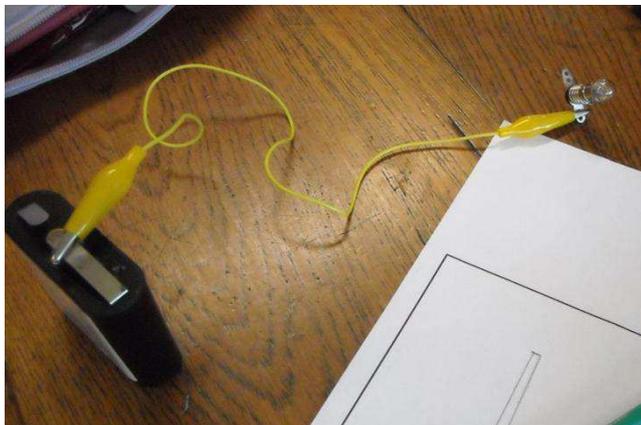
1.2. Conceptions initiales

1.2.1. Unipolaire

Dans les schémas réalisés dans cette première séance, nous n'avons pas retrouvé la conception unipolaire autant que nous le pensions. En effet, seuls trois schémas sur les 21 récoltés font état de cette conception.



Néanmoins, malgré un débat, une mise en commun et le fait de refaire tous ensemble le branchement pour montrer les deux points de contacts nécessaires, nous avons pu remarquer que cette particularité était toujours présente chez deux de ces 3 élèves en deuxième séance (allumage de l'ampoule loin de la pile) dans les bons de commande remplis mais également lors de la manipulation.



Ces deux mêmes élèves n'ont demandé qu'un fil pour réaliser leur montage puisque dans leur conception, comme nous l'avons vu plus tôt, l'électricité ne fait que monter de la pile au récepteur et ne nécessite donc qu'un point de contact. Dans cette logique, puisque nous ne proposons qu'un récepteur à brancher, l'élève pense n'avoir besoin que d'un fil.

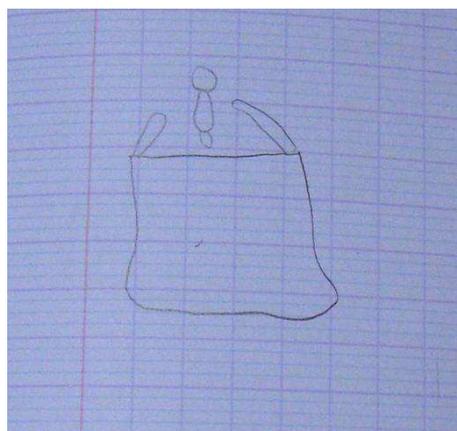
Cette conception a persisté au cours des séances. Lors de la séance d'expérimentation avec deux ampoules et un interrupteur, un autre élève (ne faisant pas partie des 3 précédents) a demandé 1 seul fil pour brancher les 3 éléments (sachant qu'il a demandé chaque composant unitairement) et 16 en ont demandé trois. Cette séance faisait suite à un travail sur pile-ampoule-interrupteur, on peut donc penser que les élèves ont demandé 3 fils par habitude. Mais, en étudiant d'un peu plus près les changements que les élèves ont fait, on remarque que certains élèves demandent un fil en plus à chaque fois qu'il demande un composant en plus. Par exemple, si l'élève a demandé 1 ampoule, 1 douille, 1 interrupteur, il a demandé 3 fils pour effectuer son montage. S'il demande une deuxième ampoule, et une deuxième douille, il demandera 2 fils de plus alors qu'un seul est effectivement nécessaire : ils n'identifient pas l'ampoule et la douille comme un seul élément mais comme deux composants. Nous avons pu remarquer ce phénomène sur 5 élèves de la classe dont 2 des 3 élèves qui avaient au départ une conception nettement unipolaire.

On peut donc penser que la conception unipolaire se présente sous une forme inhabituelle. Les élèves présentent une difficulté à se représenter mentalement tout le matériel nécessaire en une seule fois (difficulté somme toute normale en CE1). Leur tendance est alors de considérer qu'un composant nécessite un fil.

1.2.2. Points de contacts

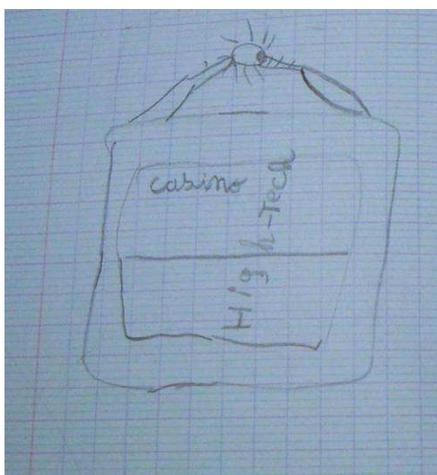
Nous avons pu constater une conception particulière dans notre classe : celle des points de contacts. En effet, une fois que l'expérimentation a été réussie, nous avons demandé aux élèves de schématiser ce qu'ils faisaient pour allumer l'ampoule. En plus de la conception unipolaire vue précédemment, nous avons pu remarquer sur certains schémas plusieurs possibilités :

- Soit aucun point de contact n'est effectif entre la pile et l'ampoule. (2 élèves)



On peut dire que cette conception est assez peu attendue puisqu'elle est en contradiction avec la manipulation que fait l'élève. En effet, lors de l'expérimentation, l'élève met en contact l'ampoule avec la pile et visualise bien que l'ampoule « touche » une partie de la pile qui lui permet de briller. Il est donc étonnant que lors de la schématisation, l'élève ne représente pas un point de contact (correct ou non).

- Soit l'élève place bien deux points de contact mais de manière incorrecte (les deux languettes sur le globe, sur le culot, sur le plot).



Environ 50% des élèves réalise ce type de schéma. Les élèves ont ainsi très peu de recul sur la manipulation qu'ils ont réalisée. On peut ainsi observer que la représentation mentale met du temps à être installée chez les élèves.

Le reste des élèves a réalisé un schéma correct avec les deux points de contact bien placés.

1.3. Ont-elles été dépassées ?

1.3.1. Expérimentation

D'après les études en didactiques rappelées en première partie, expérimenter est une des conditions importantes pour réussir à dépasser ses conceptions. L'expérimentation, au contraire de la schématisation relève du concret et permet d'étayer l'étape de la représentation mentale, difficile pour les élèves. Ainsi, avec le matériel sous les yeux, ils peuvent visualiser les choses, se rendre compte de leurs erreurs et les réajuster.

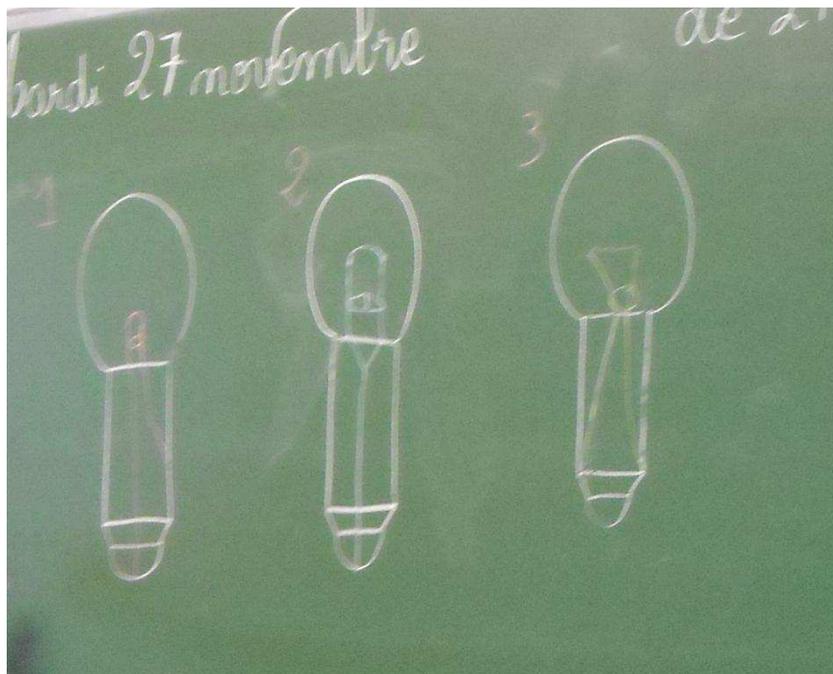
C'est pourquoi au cours de nos séances, nous avons toujours une phase de manipulation permettant aux élèves de mettre en œuvre ce qu'ils avaient imaginé. Au cours des séances 2 (pile loin de l'ampoule) et 7 (2 ampoules/interrupteur), nous avons demandé aux élèves de remplir un bon de commande. Nous avions dans l'idée que les élèves se représentent mentalement le circuit électrique en premier lieu avant de le réaliser et de se rendre compte de leurs erreurs. Ainsi, sur la deuxième séance, 7 élèves sur 24 sont venus changer de matériel car ils se sont rendus compte d'une erreur de représentation. Dans la séance 7 : 20 élèves sur les 24 ont eu besoin de revenir changer le matériel dû à leur mauvaise évaluation.

Il est ainsi possible de se rendre compte que l'expérimentation permet en partie le dépassement de leurs conceptions uniquement si en amont il leur a été demandé de se représenter soit le schéma, soit le matériel. Ainsi, si leurs bons de commande de départ sont faux nous pouvons observer si, grâce à la manipulation, ils sont parvenus à réajuster ce qu'ils imaginaient et également à voir s'ils ont compris pourquoi cela ne fonctionnait pas. Néanmoins, nous nous sommes aperçues qu'il aurait été plus judicieux de demander de schématiser le circuit plutôt que de demander la liste de matériel. Nous aurions pu ainsi obtenir une idée plus précise des représentations mentales du circuit et des évolutions (tant du point de vue du matériel demandé que de la logique de construction du circuit).

1.3.2. Débats

Au cours de l'élaboration de nos séances, nous avons instauré une phase de mise en commun ou de débat avant et après chaque manipulation. Ces phases avaient alors deux objectifs. Lorsqu'elles étaient faites en amont, elles nous permettaient d'extraire les conceptions générales ou spécifiques des élèves et de pouvoir dégager en premier abord les hypothèses qu'ils allaient tenter de prouver ou de dépasser. Lorsque les échanges étaient lancés en fin de manipulation, ils nous permettaient d'expliquer les stratégies des différentes manières de procéder, et de remettre à plat les nouvelles représentations mentales des élèves. Par le biais des débats, les élèves pouvaient ainsi expliquer pourquoi une hypothèse semble plus valide qu'une autre. Les débats permettaient donc de créer les conflits sociocognitifs que nous recherchions pour qu'un élève qui se retrouve en contradiction avec ses conceptions puissent dépasser les difficultés et entamer l'élaboration de nouvelles structures cognitives. Nous nous sommes néanmoins rendues compte qu'il était nécessaire de reproduire de manière répétée ces situations de conflit car la prise de conscience et la compréhension d'un savoir en contradiction avec ses conceptions ne survient pas de manière évidente, et persiste encore un peu.

Par exemple, sachant que parvenir à s'imaginer l'intérieur d'une ampoule était un exercice difficile pour les élèves, nous avons décidé de lancer un débat en classe suite à la collecte des différentes réponses des élèves. Nous sommes donc parties des 3 schémas les plus représentatifs des conceptions de la classe que nous avons reproduits au tableau :



A partir de ces 3 représentations, nous avons amené les élèves à justifier leur dessin et à argumenter pour défendre leurs idées face aux élèves qui avaient réalisé un schéma différent. 3 élèves ont réalisés le schéma 1 (bonne conception), 6 le deuxième schéma (conception nettement unipolaire) et 15 le dernier schéma (deux points de contact, erronés, certes, mais montrant tout de même une conception bipolaire). Malgré la difficulté, le lien a donc été fait entre les enseignements de la première séance et le nouveau problème posé puisque 2/3 de la classe a réalisé un schéma comprenant deux points de contacts. Ce débat a mobilisé une réflexion de chacun sur son propre schéma et suite à la justification de certains, il y a eu des changements d'avis dans le sens de la bipolarité.

Les élèves ont en premier lieu évincé le deuxième schéma puisqu'ils ont rappelé que la pile devait toucher à deux endroits de l'ampoule. Il faut donc que le fil de l'ampoule touche deux parties. Les élèves ont eu un avis partagé entre les schémas 1 et 3, après tentative d'explication par les élèves qui avaient réalisé ces schémas. Bien que l'existence de deux points de contact soit plus ou moins bien assimilée par les élèves, la localisation précise de ces points n'est encore pas nettement identifiée. Dans un deuxième temps, un des élèves a rappelé que lors de la première séance ils étaient parvenus à allumer l'ampoule en posant deux parties bien distinctes sur les languettes de la pile (les termes spécifiques n'ont pas été retenus). Ainsi, une grande majorité a admis un lien entre les points de contact avec la pile et l'intérieur de l'ampoule. A la fin de ces échanges, certains élèves se sont dit : « finalement je pense que c'est le schéma numéro 1 (ou 3) qui est exact ».

Suite à cette mise en commun et à ce débat qui a obligé les élèves à entamer une réflexion plus profonde sur l'intérieur de l'ampoule, nous avons décidé de leur montrer une ampoule désossée. Cela nous a permis de rendre le questionnement plus concret et de faire en sorte que les élèves puissent mettre en lien ce qu'ils pensaient, ce qu'ils ont vu sur les différents schémas et ce qu'il y a réellement à l'intérieur de l'ampoule. Après l'observation et la constatation par tous, nous avons pu légitimer la réponse que nous avons formulée avec eux lors de la synthèse orale. Nous avons remontré à l'ensemble de la classe la position de l'ampoule sur la pile (manipulation effectuée en séance 1). Néanmoins, il aurait été plus judicieux de refaire manipuler tous les élèves en amont de la synthèse pour permettre la justification de leur choix entre le schéma 1 ou 3.

Après ce moment beaucoup plus concret, la plupart des élèves se sont ralliés au schéma numéro 1. Cependant, même après avoir visualisé l'ampoule désossée, certains élèves avaient encore du mal à constater les endroits auxquels étaient reliés les deux fils, il a donc été nécessaire d'expliquer de nouveau et de remontrer cela sur des séances ultérieures.

Après cette visualisation, une mise en commun a été à nouveau effectuée. Nous avons remarqué que toutes les étapes réalisées dans cette séance ont permis aux élèves d'avancer dans leur

réflexion et d'ancrer davantage la nécessité de deux points de contacts à deux endroits différents mais précis (plot et culot).

1.4. Bilan des conceptions en fin de séquence

La séance la plus propice pour observer l'évolution des conceptions des élèves était la dernière séance (dont nous avons expliqué précédemment le déroulement). Nous avons noté l'évolution des conceptions sur deux points :

- la justesse de la liste de matériel demandée pour réaliser le circuit électrique de la marionnette
- la justesse des schémas réalisés au dos de cette liste avant de passer à la manipulation.

Dans cette partie, nous nous accorderons à aborder le premier point. Le second sera repris dans la partie schématisation.

Sur leurs bons de commande, les élèves devaient parvenir à déterminer le matériel précis dont ils avaient besoin pour construire la marionnette. Avant de se mettre par groupes de 4 et de rédiger un bon de commande unique pour la construction de la marionnette, nous avons demandé aux élèves d'en rédiger un individuellement afin d'observer si leurs conceptions avaient évolué. Même si nous n'avons repéré que peu d'erreurs à ce stade de la séquence, certaines subsistaient.

Nous avons repéré les erreurs suivantes :

- 2 élèves n'ont pas demandé de douilles (dont un qui n'a demandé que 3 fils),
- 3 autres n'ont demandé qu'une douille pour 2 ampoules (dont un qui n'a demandé que 3 fils),
- le dernier n'a demandé que 3 fils.

Les erreurs repérées sont similaires mais moindres qu'au début. On peut expliquer le nombre d'erreurs sur les douilles par le fait que nous n'avons pas beaucoup insisté sur ce composant. Cependant, nous n'avons pas pu dégager de lien logique pour les erreurs concernant le nombre de fils. Oublier un composant lors de la rédaction du bon de commande vient également du fait que la liste des composants dans ce type de circuit est tout de même assez importante pour eux et qu'il n'est pas évident, sans avoir le matériel sous les yeux, de se représenter mentalement tout ce dont il sera nécessaire pour la réalisation et le bon fonctionnement du circuit électrique.

La mise en groupe permettait donc aux élèves de débattre en reprenant leur bon de commande individuel pour parvenir à un accord sur la commande finale qu'ils passeraient afin d'obtenir le matériel nécessaire à la construction de la marionnette. Avant la mise en groupe, nous avons demandé aux élèves de réaliser un schéma au dos de leur bon de commande afin d'en apprécier la justesse tant au niveau de la logique du circuit électrique qu'au niveau du respect des règles de schématisation. Il nous a été nécessaire de demander aux élèves de réaliser le schéma. En effet, le recours à la schématisation n'est pas encore une procédure automatique. Dans ce cas, nous nous servons donc de la schématisation pour observer si leurs conceptions ont évolué et s'ils parviennent à poser à l'écrit leur représentation mentale du circuit après avoir établi la liste correcte du matériel nécessaire.

Lors de la première séance, seulement 1/3 des élèves avait une idée précise des composants qui pouvaient se trouver sous la marionnette. Tout au long des séances, les élèves ont donc appris à intégrer un composant supplémentaire à leur circuit pour se rapprocher progressivement de celui de la marionnette. Le nombre d'élèves ayant pris conscience du matériel nécessaire à la réalisation de ce circuit a fortement augmenté même si des erreurs persistent.

On peut donc dire que $\frac{3}{4}$ des élèves ont bien conscience de tous les composants indispensables à la réalisation d'un circuit électrique de ce type. On verra par la suite, au moment de la manipulation et notamment à celui de la schématisation que cela ne signifie pas qu'ils ont compris et acquis toutes les complexités liées à la réalisation pratique du circuit électrique.

Après la mise en commun de leurs bons de commande individuels, un seul et unique bon de commande par groupe nous est parvenu. Aucun ne comportait d'erreur ; ce qui n'est pas très étonnant puisqu'en proportion il n'y avait qu'un élève sur 4 qui avait commis une ou plusieurs erreurs dans la rédaction de son bon de commande individuel (soit un par groupe en probabilité). En comparant leurs bons de commande et en écoutant les élèves dialoguer entre eux pour se mettre d'accord, les quelques élèves qui avaient omis un composant se sont rapidement rendus compte de leur erreur.

II. Schématisation

2.1. Un retour des conceptions

Lors de notre 4ème séance, nous nous sommes intéressées plus particulièrement à l'intérieur de l'ampoule. Les élèves avaient déjà une idée un peu plus précise de la nécessité de deux points de contact :

- lors de l'allumage de l'ampoule avec la pile
- lors du branchement des fils électriques sur chaque côté de la douille lors de l'allumage de l'ampoule loin de la pile.

Ils possédaient également une vague représentation de l'idée de circuit :

- lors de la réalisation du circuit ampoule loin de la pile.

Nous avons eu cependant des surprises (bien qu'il faille admettre que la représentation mentale de l'intérieur de l'ampoule est loin d'être évidente). L'objectif de la séance était que les élèves aient conscience de la continuité du circuit électrique. Nous voulions observer s'ils étaient capables de deviner (en dessinant) à quel(s) endroit(s) était rattaché le filament à l'intérieur de l'ampoule en faisant le rapprochement avec ce qu'ils avaient fait lors des séances précédentes. Nous avons retenu trois types de réponses.

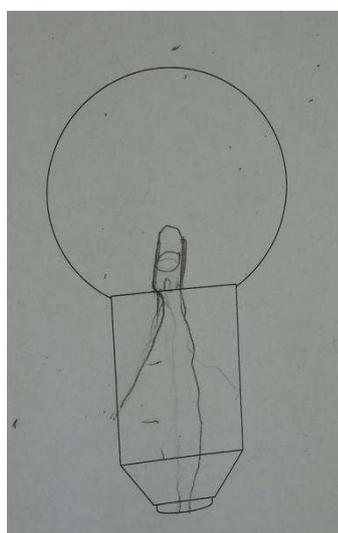


Schéma 1

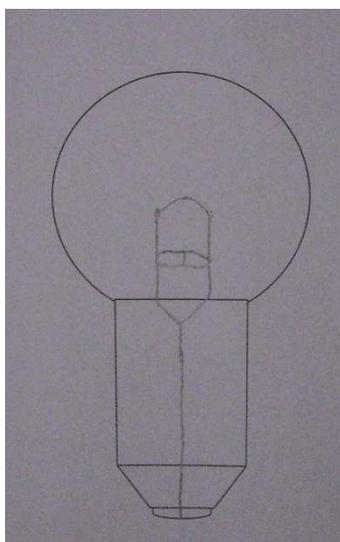


Schéma 2

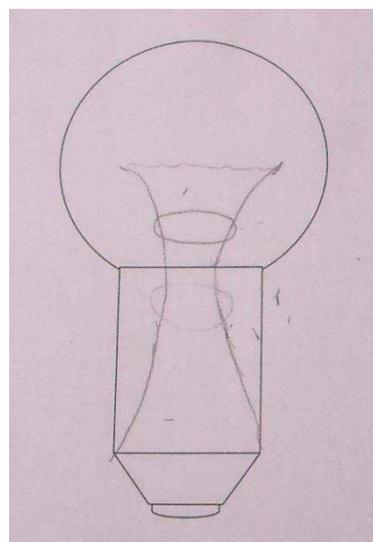


Schéma 3

Le premier schéma représente correctement l'intérieur d'une ampoule : une partie du fil reliée au plot, l'autre au culot. Trois élèves l'ont réalisé.

Sur le second schéma, on observe que les deux fils de départ se rassemblent pour n'en former plus qu'un relié au plot. 6 élèves l'ont réalisé. On retrouve ici la persistance et/ou le retour de la conception unipolaire puisque les élèves qui ont réalisé ce schéma, même si ils sont peu nombreux, pensent encore qu'un seul point de contact est nécessaire pour faire briller l'ampoule et ne font pas le parallèle avec ce qui à été fait, vu et dit dans les séances précédentes.

Le troisième schéma, quant à lui, reprend bien 2 points de contact mais ceux-ci sont inexacts. En effet, les deux fils sont reliés au culot.

La plupart des élèves ont réalisé ce 3ème schéma ou deux autres que nous avons choisi volontairement de ne pas répertorier lors de la mise en commun en classe.

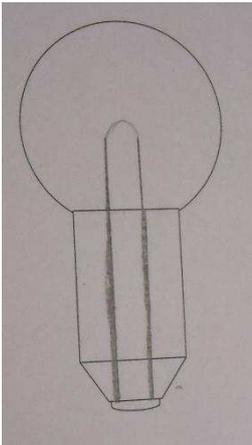


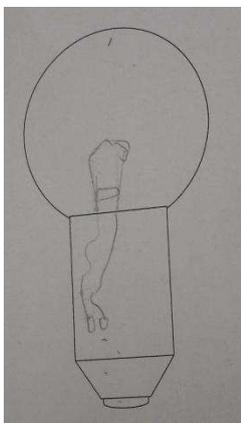
Schéma 4

En effet, un quatrième type de schéma nous est apparu suivant la même logique que le troisième : 2 points de contact sont également présents mais ils sont toujours inexacts ; les 2 fils sont reliés au plot.

Les schémas 3 et 4 montrent tout de même un recul des conceptions des élèves. En effet, ils ont conscience que deux points de contact sont impératifs pour allumer l'ampoule puisque lors de la première séance ils ont remarqué

qu'en faisant toucher uniquement le plot de l'ampoule par exemple sur seulement une borne de la pile cela ne fonctionnait pas. A la séance suivante, le fait

de devoir relier l'ampoule avec 2 fils pour que celle-ci s'allume leur confirme cette nécessité des deux points de contact. Ainsi, on peut penser que la conception unipolaire est en train d'évoluer chez les élèves qui parviennent à réaliser un des deux schémas cités précédemment. Même s'il est certain qu'à ce stade de la séquence elle soit en partie dépassée chez la plupart des élèves, le fait que ces points de contact soient inexacts peut simplement provenir de la logique des élèves de continuer les deux fils qu'ils perçoivent dans le globe en verre de l'ampoule.



Enfin, le dernier schéma que nous avons pu observer nous a réellement surprises puisque les deux fils à l'intérieur de l'ampoule ne sont reliés à aucune partie de l'ampoule : ils « flottent » à l'intérieur de l'ampoule entre eux ou non. Ces élèves n'ont absolument pas fait de lien avec ce qui a été vu dans les séances précédentes et se sentaient quelque peu désarmés face à la tâche demandée qui consistait à deviner.

2.2. Quelles règles de schématisation ?

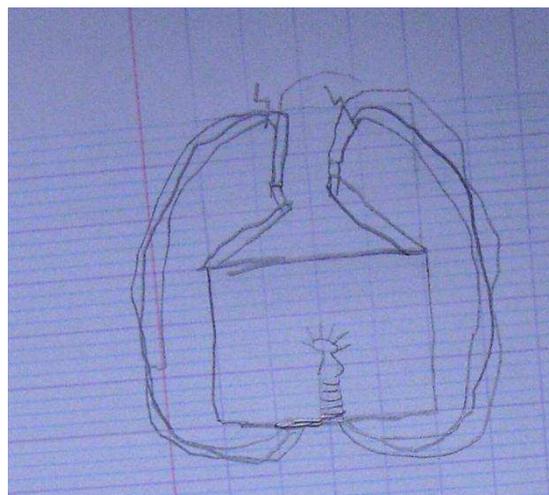
2.2.1. Les erreurs

Au niveau des règles de schématisation

Les premiers schémas réalisés par les élèves comportaient beaucoup d'écarts avec la norme. En effet, ayant des difficultés à percevoir ce qui est primordial, ils ont du mal à ne schématiser que

l'essentiel. Dans leur élan, ils intègrent beaucoup de détails ou schématisent comme bon leur semble selon leurs représentations ou leurs envies. En effet, nous avons remarqué que les fils sont souvent représentés en plusieurs dimensions ce qui donne l'impression qu'il n'y pas un fil mais deux. Les fils distribués aux élèves possèdent à leurs extrémités des « pinces crocodiles » : ainsi, les élèves ont tendance à les représenter (voire à écrire à côté « appuyer ici »), pensant que ces détails sont importants pour une personne n'ayant pas connaissance du matériel et du fonctionnement du circuit électrique. Les languettes de la pile sont également souvent représentées en épaisseur, ce qui, comme pour les fils, surchargent le schéma inutilement.

Même si la taille du schéma n'est pas normée dans l'espace d'une feuille, il est préférable que celui-ci soit d'une taille « classique » : ni trop petit, ni trop grand, et occupe le centre de la feuille. Cependant, ce qui nous apparaît, pour nous adultes assez logique est loin de l'être pour les enfants. De nombreux élèves réalisent des schémas trop petits, trop grands ou totalement disproportionnés et dans un espace restreint et non centré. En outre, dans la schématisation en elle-même du circuit électrique, on retrouve parfois l'ampoule sous la pile ou carrément « dans » la pile



Ainsi, il est très difficile pour des élèves de cycle 2, de se souvenir et de se plier aux multiples règles de la schématisation. On note que des erreurs persistent. Cependant, il a été bénéfique de réaliser avec la classe une séance entièrement dédiée à la schématisation et à ses règles. Nous avons pu ainsi les construire avec eux et les justifier. Deux fonctions de la schématisation ont été ici abordées comme les travaux de Peraya l'ont exposé : l'abstraction et la centration. Lors de cette phase, les élèves ont ainsi compris le bien fondé de ne représenter que les éléments essentiels et utiles à la compréhension du schéma.

Lors de la dernière séance, les élèves ont partiellement compris qu'ils avaient besoin d'un minimum de règles plus ou moins universelles lors de la phase de schématisation afin que n'importe quelle personne souhaitant lire leur schéma puisse le faire le plus facilement possible. En effet, sur 24 élèves seulement 1 a produit un schéma aux règles incorrectes. Ceci nous montre une nette progression tout au long de la séquence.

Au niveau de la représentation mentale

Lors de cette même séance (séance 8), nous avons voulu intégrer la fonction d'objectivation de la schématisation en demandant aux élèves de poser à l'écrit le montage final qu'ils se représentaient mentalement. 4 élèves ne sont pas parvenus à se représenter de manière correcte le circuit.

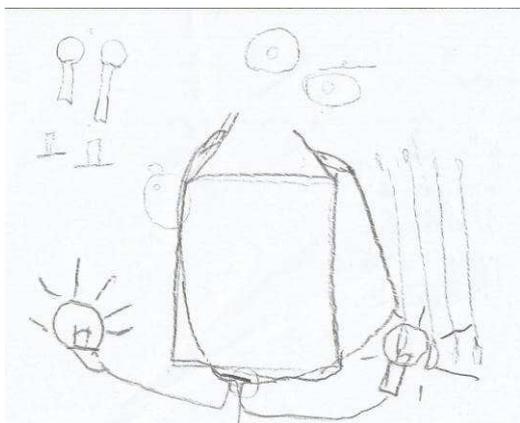


Schéma 1

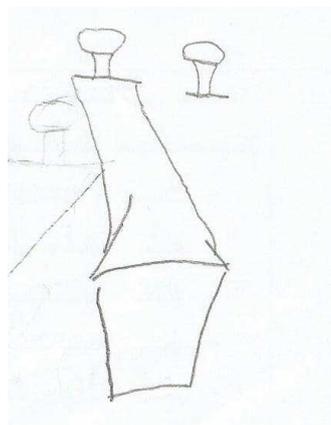


Schéma 2

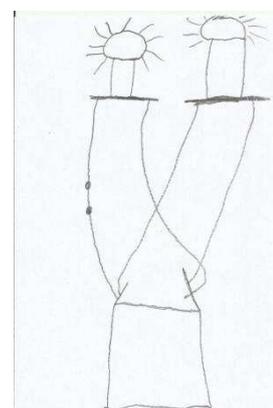


Schéma 3

Schéma 1 : Un élève a relié 2 fils à l'interrupteur (chaque fil partant d'une des bornes de la pile) et les 2 autres fils ont été reliés de l'interrupteur aux ampoules. Les ampoules ne sont donc reliées entre elles par aucun fil. Cela nous montre que la conception unifilaire (unipolaire) est toujours présente chez cet élève puisqu'il pense que les deux ampoules vont parvenir à s'allumer de cette façon et que l'interrupteur, placé entre la pile et les ampoules, va jouer son rôle.

Le 2^{ème} a réalisé un circuit pour chaque ampoule (schéma 2)

Deux élèves ne sont pas parvenus à se représenter mentalement le circuit : un ne nous a pas rendu de schéma, l'autre a dessiné un circuit électrique ne comprenant qu'une seule ampoule, la deuxième étant dessinée à côté mais hors du circuit (schéma 3).

Ces élèves avaient pourtant un bon de commande correct au départ. On remarque donc une difficulté à se représenter mentalement et en amont de la manipulation, malgré la faible proportion d'erreur (1/6^{ème} de la classe).

CONCLUSION

Au vu des lectures que nous avons fait en didactique, nous nous attendions à relever des conceptions nettement unipolaires au sein de notre classe qui au final ne se sont pas révélées dans les proportions attendues. Nous avons en effet été surprises par les capacités de nos élèves qui pour les $\frac{3}{4}$ n'avait jamais abordé l'apprentissage de l'électricité. Cependant, des conceptions se sont tout de même manifestées, mais de manière plus subtile, notamment lors des phases de schématisation (ampoule loin de la pile, intérieur de l'ampoule). Elles ont été nombreuses, et ont persisté chez certains élèves jusqu'en séance 8.

Nous avons pu montrer que la schématisation, bien que complexe, est nécessaire à l'évolution des conceptions et nous a permis d'en voir les progrès significatifs. Nécessaire pour certains élèves, elle peut complexifier la tâche pour d'autres qui avaient a priori de bonnes conceptions au départ. En effet, les montages de ces élèves étaient corrects mais la schématisation ne l'était pas toujours. On peut donc penser que dans l'esprit des ces élèves, il n'y a peut-être pas de lien entre la manipulation et la schématisation, alors qu'elle est pourtant le reflet de leur montage. Pour ces élèves, il devrait donc être nécessaire de travailler sur le lien entre les deux.

Grâce à cette expérience, nous avons donc compris de manière concrète ce que nous avons lus et appris au cours de notre formation, à savoir que l'élève n'entre pas en classe sans connaissances préalables du monde ni perceptions, et que celles-ci se sont élaborées par un jeu d'interaction entre l'environnement et l'enfant. Nous avons mis en lumière qu'il était important en tant qu'enseignant de considérer ces conceptions, de les comprendre et que notre rôle est d'aider à les faire évoluer grâce à diverses stratégies. En sciences physiques, et notamment en électricité, nous avons constaté que les conceptions sont nombreuses et qu'elles perdurent. Elles résultent d'une logique personnelle de l'élève due à son environnement social. L'enseignant doit la comprendre pour adapter au mieux sa pédagogie et amener sa classe à comprendre le monde qui l'entoure de manière scientifique.

Ainsi, prendre en compte ces conceptions oblige l'enseignant à entrer dans son enseignement en adoptant autant la logique de l'élève que la logique du domaine disciplinaire, ici, les sciences physiques. Cela justifie les modèles constructivistes qui permettent aux élèves de se tromper au contraire des modèles empiriques où les élèves ne sont pas confrontés à leurs erreurs et n'ont pas le temps d'élaborer leur propre cheminement. De plus, nous avons pu observer qu'il fallait éta-

blir une logique de progression dans l'élaboration d'une séquence en électricité. En effet, il nous est apparu nécessaire de progresser par étapes. Lors de notre première élaboration du plan de séquence, grâce aux premières lectures effectuées, nous avons prévu comme le disent de nombreux auteurs des phases de manipulation et de verbalisation. Il est clair qu'on ne peut pas concevoir d'élaborer une séquence d'électricité sans passer par la manipulation et par l'expérimentation. En effet, c'est en essayant et en faisant des erreurs qu'on sera à même de les corriger. Cependant, compte tenu des objectifs de départ, la schématisation ne nous était pas apparue comme l'un des éléments centraux pour le dépassement des conceptions. Néanmoins, dès la première séance, nous nous sommes rendues compte qu'elle était un des éléments essentiels, et constituait un passage obligatoire. Bien qu'elle puisse complexifier la tâche pour certains élèves comme nous avons pu le démontrer et comme nous l'avons expérimenté, elle est un outil indispensable pour que l'élève se représente mentalement le circuit électrique et accède à la compréhension d'un montage. Il est donc logique d'associer verbalisation, schématisation et manipulation, chacun des trois pôles permettant une meilleure compréhension des autres et inversement. Cette liaison permet de faire évoluer de manière progressive les conceptions erronées des élèves pour les faire évoluer vers des savoirs et d'être à même de les comprendre et de les réexpliquer.

Lors des phases de débat, nous avons insisté sur le fait que les échanges ne doivent pas se limiter à un schéma binaire élève/enseignant, mais qu'ils doivent principalement tourner autour des échanges entre pairs. Ainsi, les discussions et arguments servent aux élèves à se rendre compte de l'impossibilité de leurs conceptions et sont amenés en douceur à comprendre pourquoi et comment y remédier. L'enseignant prend un rôle de guide et de médiateur dans ce type d'échange. Il est là pour encadrer, rassurer et débloquent des situations qui poseraient problème en amenant les élèves de sa classe à se poser des questions. De plus, il se doit d'adapter son discours pour les élèves les plus en difficulté par le biais d'images, d'analogies, leur permettant de visualiser les éléments et leurs fonctionnement de manière plus concrète, plus parlante.

Le dépassement des conceptions dans le domaine des sciences physiques et notamment en électricité n'est pas chose facile et certaines conceptions peuvent durer jusqu'à des niveaux d'études supérieurs. Il est donc du rôle de l'enseignant de veiller à tout mettre en œuvre pour que l'élève accède au savoir scientifique et puisse dépasser des conceptions erronées sur le monde. Les pistes que nous avons considéré ne sont ainsi qu'un point de départ pour réaliser un projet pédagogique prenant en compte les processus mentaux initiaux des élèves.

Bibliographie

Astolfi J-P. , Peterfalvi B. , Vérin A. , (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : INRP, Didactiques des disciplines.

Astolfi J-P. , Peterfalvi B. , Vérin A. , (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz, Pédagogie.

Astolfi J-P. , Darot E. , Ginsburger-Vogel Y. , Toussaint J. , (2008). *Mots clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : Editions De Boeck , Pratiques pédagogiques.

Beauvry P. , Souchal F. , (2000). *Electricité et mécanique, cycle 3*. Delagrave, CNDP

Joshua S. , Dupin J-J. , (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.

Robardet G. et Guillaud J-C. - Préface de Joshua S. , (1993). * l ements d'épistémologie et de didactique des sciences physiques – De la recherche à la pratique – Tome 1*. Grenoble : IUFM.

Rolando J-M. , (2002). *Electricité à l' cole élémentaire : document pédagogique accompagnant la malette de matériel distribué par OPITEC*. La main à la pâte.

Numéro coordonné par Buty C. & Peterfalvi B. (2009) - *Représentations graphiques dans l'enseignement scientifique et technologique – Aster n 48*

Revue grand N. (2006). *Revue de mathématiques sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire – Irem de Grenoble – n 78*

MÉMOIRE PROFESSIONNEL MASTER MES

FICHE DESCRIPTIVE

AUTEUR(S) : BOUQUET Stéphanie – HELIOT Corinne

RESPONSABLE DU MÉMOIRE : Jean-Michel ROLANDO

TITRE : Des conceptions à la construction du savoir – l'électricité en CE1

RÉSUMÉ : A partir d'une séquence d'électricité menée en CE1, nous nous sommes intéressées aux conceptions des élèves et plus particulièrement aux démarches à entreprendre en tant qu'enseignant pour comprendre, analyser et mettre en œuvre des procédures pour les aider à dépasser ces conceptions. En effet, nous nous sommes rapidement rendu compte que celles-ci étaient nombreuses et très ancrées. Ainsi, après divers débats, manipulations et grâce à la schématisation, nous avons pu observer des premiers résultats encourageants vers une compréhension du monde plus scientifique. Nous avons donc pu établir une logique de progression adaptée et nécessaire pour permettre l'évolution de leurs conceptions.

MOTS CLÉS : sciences physiques, CE1, conceptions en électricité, schématisation, circuit électrique, manipulation, représentation mentale