



HAL
open science

Le rôle de la modélisation pour les élèves en astronomie : en quoi les élèves s'appuient-ils sur la modélisation d'un phénomène observé en astronomie afin d'interpréter et expliquer ce dernier?

Margaux Couturier

► To cite this version:

Margaux Couturier. Le rôle de la modélisation pour les élèves en astronomie : en quoi les élèves s'appuient-ils sur la modélisation d'un phénomène observé en astronomie afin d'interpréter et expliquer ce dernier?. Education. 2021. dumas-03938081

HAL Id: dumas-03938081

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03938081>

Submitted on 30 Nov 2023

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



Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de

MASTER

“Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation”

Mention 1er degré, Professeur des écoles

Le rôle de la modélisation pour les élèves en astronomie

En quoi les élèves s'appuient-ils sur la modélisation d'un phénomène observé en astronomie afin d'interpréter et expliquer ce dernier?

Présenté par

COUTURIER Margaux

Sous la direction de :

BOIVIN-DELPY Géraldine

Maître de conférence

Année universitaire 2020-2021

Description du mémoire

Champs scientifique : Didactique - Sciences physiques

Objet d'étude : La modélisation en sciences physiques

Méthodologie : Expérimentations sur les élèves

Résumé : Les programmes encouragent la mise en place d'une démarche d'investigation pour résoudre des problèmes, notamment de sciences physiques. Une des méthodes de résolution possible est d'utiliser la modélisation afin d'interpréter ou d'expliquer des phénomènes observables comme l'alternance journée-nuit. Deux types de modélisation pour expliquer ce phénomène sont mises en place : un groupe d'élèves de CM1 modélisera à l'aide de balles en polystyrène, l'autre groupe de CM1 utilisera le corps des élèves. On suppose que, le point de vue étant différent, la modélisation avec le corps des élèves les aidera à expliquer ce phénomène. Les résultats n'ont pas montré de résultats significatifs mais la modélisation est bien utilisée et bénéfique pour la compréhension des élèves.

Abstract : The curricula promote an investigative approach to problem solving, especially for the physical sciences. One possible method of resolution is to use modelling to interpret or explain observable phenomena such as day-night alternation. Two types of modeling are used to explain this phenomenon : one group of CM1 pupils will model using polystyrene balls, the other group of CM1 students will use the bodies of the pupils. It is assumed that the perspective is different, so modeling with the students' bodies will help explain this phenomenon. The results did not show significant results but the modelling is well used and beneficial for the pupils' understanding.

Introduction	6
La démarche d'enseignement – apprentissage en sciences	8
Historique de la démarche d'investigation dans les programmes	8
La démarche d'investigation dans les Instructions Officielles	10
La démarche d'investigation au cycle 3	11
L'astronomie au cycle 3	13
Cadres théoriques	15
Modèle – modélisation	15
La modélisation en sciences physiques	15
Le rôle de la modélisation dans les apprentissages spécifiques	16
Tâches épistémiques	17
Astronomie	20
Connaissances visées par les programmes	20
Analyse a priori des savoirs	20
Lien modélisation et astronomie	21
Problématique	22
La séquence	23
La situation déclenchante	23
La problématisation	23
La formulation des hypothèses	23
L'élaboration de la démarche de résolution	24
La confrontation des résultats	25
Réalisation	25
Protocole expérimental	27
Résultats	29
Analyse des données recueillies	29
Dessins de départ	29
Dessins de fin de séquence	31
Comparaison des dessins	31
Film modélisation avec objets tangibles	32
Film modélisation sans objet tangible	34
Interprétation des résultats	35
Points de vigilance concernant l'interprétation des résultats	37
Discussion	37
Le rôle de la modélisation dans cette séquence	38
Propositions d'autres modalités expérimentales	39
Ce qui aurait pu être amélioré	39

Les points positifs	40
Ressenti professionnel	41
Annexes	42
Bibliographie	56

Introduction

L'école française a pour objectif principal de pouvoir former les citoyens de demain. Les programmes scolaires ont été modifiés, pour les cycles 1,2 et 3 en 2015 et révisés en 2018. Ils mettent en avant la présence de sciences vivantes et physiques. Il y est précisé que l'étude des sciences est indissociable de l'école. Au-delà de connaissances sur le monde qui nous entoure, la démarche préconisée basée sur l'investigation va plus loin. Elle a pour objectif d'apprendre à développer un certain nombre de compétences et attitudes scientifiques telles que confronter l'élève aux autres, à travailler en groupe, à vérifier de lui-même les informations qui lui sont données. Les connaissances lui permettront de préciser des arguments s'il en a besoin et de ne pas être ignorant. La démarche d'investigation a pour but d'apporter à l'élève la faculté de penser par lui-même ainsi que développer son esprit critique.

Ces programmes sont en lien avec le Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture (cf Annexe 1). Ce socle répertorie tout ce qu'un élève doit connaître et maîtriser à la fin de la scolarité obligatoire. L'enseignement des sciences fait écho à chacun des cinq domaines. Les sciences correspondent au langage scientifique (domaine 1), elles permettent la conduite de projets individuels et collectifs (domaine 2). Comme dit précédemment, elles permettent aux élèves de développer leur esprit critique, il s'agit de la formation morale et civique (domaine 3). Elles permettent principalement une approche scientifique et technique de la Terre et de l'univers en développant la curiosité et le sens de l'observation (domaine 4). Pour finir, l'étude des sciences permet une meilleure connaissance du monde social contemporain (domaine 5).

Me concernant, après l'obtention du baccalauréat série Scientifique et une licence, c'est en Master MEEF que j'ai découvert l'importance de réfléchir aux démarches d'enseignement et d'apprentissage en sciences. Ce sujet m'intéresse et me permet de prendre du recul sur la façon dont j'ai moi-même élaboré des connaissances scientifiques durant ma scolarité. Grâce aux différents cours auxquels j'ai assisté durant mon cursus étudiant, certains enjeux liés à l'enseignement des sciences à l'école me sont apparus beaucoup plus clairs.

Lors des différents stages qui ont rythmé ma formation, je savais déjà que mon mémoire porterait sur les sciences. Aussi, j'étais dans l'attente d'observer des cours de sciences. Il s'est avéré qu'aucune séance de sciences n'a été mise en place durant mes stages. Dans un premier temps, je souhaitais porter mon mémoire sur cette absence perturbante de sciences. Après avoir échangé avec ma directrice de mémoire, j'ai préféré orienter ma réflexion sur des problèmes concrets liés à la mise en œuvre de l'enseignement des sciences plutôt que d'investiguer les raisons pour lesquelles cette partie du programme est peu enseignée, ce dont d'ailleurs la littérature rend assez bien compte.

Durant les cours dispensés par les enseignants à l'INSPE, l'enseignement des sciences basé sur l'investigation a fait le fruit d'une étude plus poussée. Parmi les différentes modalités d'investigations existantes (précisées ci-après), la modélisation m'a particulièrement questionnée et intéressée. C'est après avoir assisté à différents cours à l'INSPE que j'ai voulu me concentrer sur cette méthode. En effet, j'avais moi-même quelques difficultés à comprendre les phénomènes d'astronomie. C'est grâce à la modélisation que tout s'est éclairé pour moi quant à la rotation et au phénomène de révolution de la Terre. J'ai donc voulu me demander si cela éclairerait de la même manière des élèves qui sont plus jeunes. D'ailleurs, le terme de modélisation apparaît dès le cycle 3 et ce, dans plusieurs disciplines : les sciences, les arts plastiques ou encore les mathématiques. Il s'agit donc d'un pan important du cycle 3.

Durant mon année de professeure des écoles stagiaire, j'ai en charge une classe de CE2-CM1. Cela a donc confirmé le fait que mon mémoire porterait sur l'enseignement des sciences en cycle 3. La classe est composée de 23 élèves. Il y a 10 élèves de CM1 et 13 élèves de CE2. Cependant, mon mémoire ne portera que sur l'étude d'une séquence menée avec des élèves de CM1. Ces derniers ont une culture générale très développée. Pourtant, après avoir mis en place différentes séances de sciences, j'ai pu remarquer qu'ils n'avaient que peu de connaissances quant au fonctionnement et au déroulement de la démarche d'investigation. Cette dernière nécessite donc un entraînement régulier. Ces divers entraînements auront lieu tout au long de l'année lors de l'enseignement des sciences.

Dans ce mémoire, nous verrons comment est né et s'est mise en place la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes aujourd'hui. Nous verrons ensuite le cadre théorique qui a permis de mettre en place cette séquence. Après avoir problématisé, nous verrons quelle type de séquence sera mise en place avec quelles observations puis nous analyserons nos résultats.

La démarche d'enseignement – apprentissage en sciences

Les nouveaux programmes préconisent, entre autres, la démarche d'investigation pour l'apprentissage des sciences. Pour bien comprendre de quoi il s'agit, nous allons d'abord établir l'historique de cette démarche, la définir, puis préciser ce qu'il en est pour le cycle 3, cycle de notre étude. Pour finir, nous allons voir ce que les programmes annoncent au cycle 3 pour l'astronomie, part importante du programme de sciences du cycle 3 et sujet de notre analyse.

Historique de la démarche d'investigation dans les programmes

Au XIX^e siècle, l'enseignement des sciences à l'école primaire se résume à la « leçon de choses ». L'expérience n'est pas mise en place pour construire un savoir mais pour permettre aux élèves d'observer des phénomènes qu'ils n'auraient pas vu en temps normal. A cela, s'ajoute la leçon du maître qui est copiée et apprise par cœur. Il s'agit donc d'un moyen très transmissif. Les élèves acquièrent des connaissances sans forcément être capables de les interpréter.

Au XX^e siècle, est mise en place au lycée une démarche plus expérimentale des sciences, c'est-à-dire plus concrète et directe. Là, les élèves sont plus acteurs de la construction des savoirs et des savoir-faire. Auparavant, il était demandé aux élèves d'apprendre et de connaître certains phénomènes au programme. Grâce à cette approche, les savoirs visés sont plus du niveau de l'interprétation et de la compréhension des phénomènes étudiés. La question se pose ensuite sur la mise en place de cette méthode à l'école primaire.

Au début du XXI^e siècle, un intérêt national et même mondial pour les sciences est apparu. En effet, plusieurs dispositifs, qui préconisent tous une démarche d'enseignement basée sur l'investigation, ont vu le jour.

Le « Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et technologies à l'école » a vu le jour dans les années 2000. L'enjeu de ce plan est avant tout de fournir aux élèves des connaissances et compétences nécessaires à leur future vie de citoyen français et du monde. Ce plan ainsi que la façon dont sont enseignées les sciences à l'école française s'imposent comme mission de développer la capacité d'argumentation et de raisonnement des élèves tout en y ajoutant une connaissance de nombreux concepts scientifiques par le biais de la démarche expérimentale.

Dans cette conception nouvelle de l'enseignement des sciences, l'élève est l'élément central. Tout part de lui. On part de ce qu'il pense, il formule lui-même ou en groupe ses hypothèses, il participe aux expériences, il conclut avec ses propres mots.

L'enseignement des sciences n'a pas une dimension nationale uniquement. Le programme *Growing Interest in the Development of Teaching Science*, financé par la commission européenne, précise deux objectifs principaux concernant l'amélioration de l'enseignement des sciences à l'école. Il s'agit dans un premier temps de faire intégrer une pratique scientifique aux élèves. Dans un second temps, l'objectif sera d'augmenter l'intérêt des enfants pour les sciences.

“Sciences à l'école” est un dispositif ministériel né en 2004. En promouvant la culture scientifique et favorisant la démarche expérimentale, ce programme compte valoriser la France avec sa participation à de nombreux concours internationaux. Ce programme n'est mis en place que pour le secondaire. Il est donc important et nécessaire que de bonnes bases soient mises en place au primaire.

Le rayonnement de l'enseignement des sciences est donc multiple. Les programmes de 2015 se sont donc alignés sur différents dispositifs en intégrant à leur tour la démarche d'investigation (DI).

Parmi les démarches expérimentales qui peuvent être mises en place lors de l'étude des sciences, il y a la démarche d'investigation, qui sera définie plus bas. L'installation de cette démarche d'investigation au sein des programmes scolaires pour le primaire ne s'est pas faite sans mal. Elle a été instaurée après un long débat entre diverses démarches d'enseignement. Celle mise en place en France est née de diverses méthodes qui ont vu le jour autour du monde.

Avant la démarche d'investigation, les élèves avaient tendance à expérimenter ou observer des choses sans avoir établi, au préalable, des problématiques, des hypothèses ou des résultats attendus. Il s'agissait d'une pédagogie transmissive. Grâce à une pédagogie plus constructiviste, il ne s'agit plus de “faire pour faire” mais de “faire pour comprendre” (Coquidé, Fortin, Rumelhard, 2009). Il faut donc que l'élève fasse partie intégrante de l'expérience du début à la fin, encadré par l'enseignant. Il doit pouvoir prendre la place du scientifique. L'élève ne doit pas entreprendre des expériences dénuées de sens pour lui. Tout doit avoir un but et éclairer l'élève.

Le modèle “investigation-structuration” apporte à la démarche d'investigation l'envie d'expérimenter sur le réel. De plus, dans ce modèle, l'expérimentation suffit à l'élaboration de connaissances. En mettant les résultats en relation avec d'autres connaissances ou d'autres découvertes, on crée de nouvelles connaissances.

Pour obtenir la version finale de cette DI, il a fallu combiner les différentes recherches effectuées au préalable. Elle comporte en son centre l'importance de la construction du savoir par l'élève. Il s'agit d'une méthode active qui s'oppose à l'apprentissage simple de résultats

sans avoir vécu les sciences. C'est parce que les élèves se posent des questions et sont confrontés à la réalité que cette démarche prend tout son sens. En élaborant et réalisant lui-même les protocoles expérimentaux, l'élève fait appel à toute sa créativité et son imagination.

Il faut cependant faire attention à une vision qui peut être trop linéaire de la démarche d'investigation. C'est en multipliant les modes de résolution de problème que la démarche d'investigation développe toute sa richesse. Il faut aussi pouvoir montrer aux élèves que certains problèmes nécessitent de cumuler les démarches expérimentales pour pouvoir arriver au plus proche de la réalité.

Cette méthode semble avoir quelques difficultés à être mise en place auprès de tous les enseignants. Sont avancées comme raisons le manque de matériel, le manque de connaissances et de formation des enseignants. Des contraintes de temps sont aussi mises en avant. C'est en y adhérant profondément que l'enseignant prendra plaisir à prendre du temps pour réaliser des sciences au plus proche de la démarche d'investigation préconisée par les programmes.

La démarche d'investigation dans les Instructions Officielles

Nous allons dans un second temps regarder ce qui est dit de la démarche d'investigation dans les Instructions Officielles.

Depuis 2005, la démarche d'investigation (DI) est officiellement au programme. Elle se compose de cinq étapes.

La première constitue la situation déclenchante. Elle peut prendre plusieurs formes comme l'observation d'un phénomène, un album, une expérience, une vidéo, etc. Cette étape a pour objectif non seulement d'attiser la curiosité des élèves, de les motiver mais aussi et surtout de déclencher un questionnement et ainsi d'aboutir à une question scientifique à traiter.

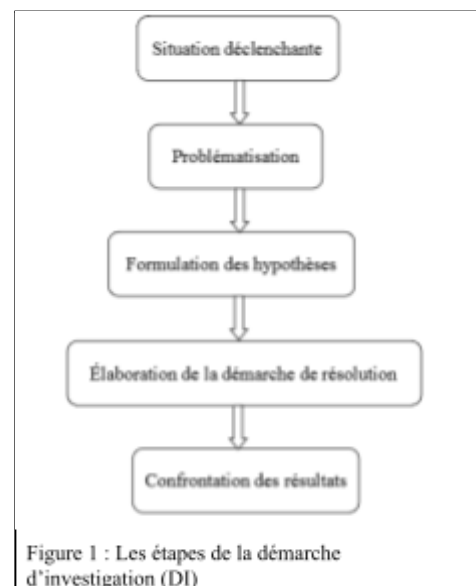
Cette observation mène à la deuxième étape qui est la problématisation, c'est-à-dire la mise en mot du problème scientifique.

L'étape suivante correspond à la formulation des hypothèses par les élèves. Ces derniers doivent construire une explication, lorsque c'est possible argumentée du phénomène physique observé et interrogé. Les élèves peuvent aussi exprimer les résultats attendus.

Dans la DI, l'étape suivante correspond à l'élaboration du procédé de résolution. Ces procédés sont au nombre de cinq. La première est l'expérimentation directe, il s'agit de tester quelque chose sur le réel. Nous avons ensuite la modélisation qui correspond à une représentation du réel simplifiée afin de comprendre un phénomène. Les élèves peuvent aussi

réaliser une recherche documentaire dans des textes et/ou articles fournis par l'enseignant ou cherchés par eux-mêmes. L'observation se fait sur le réel mais sans aucune manipulation nécessaire. La dernière méthode est la visite ou l'enquête auprès d'experts. Des questions à poser sont préparées au préalable par la classe ou de manière individuelle. Cependant, en fonction du niveau des élèves ou du sujet traité, la méthode de résolution peut aussi être présentée par l'enseignant.

Vient ensuite le temps de la confrontation entre ce qui a été observé une fois le protocole effectué et les hypothèses. Les élèves vont devoir discuter, confronter et argumenter leurs idées, voir quelle hypothèse est invalidée et laquelle sera conservée. Une fois un consensus trouvé entre les élèves, une trace écrite est conservée et élaborée par l'ensemble du groupe-classe.



La figure 1 présente un schéma récapitulatif de la démarche d'investigation. Cependant, la réalisation de cette DI n'est pas pour autant linéaire. Pour le bien de la compréhension des élèves, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des aller-retours entre les différentes étapes.

Dans les programmes, il n'est nullement précisé que la démarche d'investigation est imposée. D'autres démarches scientifiques sont possibles. Cependant, comme vu précédemment, il semble que la démarche d'investigation soit celle qui permet le plus aux élèves d'interpréter les phénomènes étudiés.

La démarche d'investigation au cycle 3

Afin de compléter le cadre théorique pour notre sujet, nous allons dorénavant voir ce qui est, plus précisément, préconisé en cycle 3.

L'instruction en France est construite autour de 4 cycles qui vont de la Petite Section de maternelle à la classe de 3^{ème}. Il s'agit, dans l'ordre, du cycle des apprentissages premiers, le cycle des apprentissages fondamentaux, le cycle de consolidation et le cycle des approfondissements. La programmation entre ces cycles est faite de façon réticulaire. C'est-à-dire qu'à chaque changement de cycle, les mêmes notions sont revues mais de façon beaucoup plus approfondie à chaque fois.

Le cycle 3 est le cycle des consolidations. Ce cycle a la particularité d'appartenir à l'enseignement primaire ainsi qu'au secondaire car la dernière année de ce cycle est la sixième. Celui-ci est donc primordial pour la continuité des apprentissages de l'élève.

Les sciences occupent une place importante des programmes. L'objectif des sciences n'est pas seulement de maîtriser des connaissances scientifiques ni de développer la culture personnelle des élèves. Les sciences doivent permettre aux élèves "d'adopter une approche rationnelle du monde en proposant des explications et des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technique" (Bulletin Officiel n°30 du 26 juillet 2018).

La démarche d'investigation doit aussi devenir un moment privilégié pour l'interaction entre les différentes disciplines ainsi que le socle commun. Les sciences mais aussi l'histoire et la géographie vont mobiliser différents langages qui permettent de penser et communiquer (Domaine 1 du socle commun). La rédaction d'hypothèses ou de traces écrites peuvent donc faire appel aux différentes notions vues en étude de la langue. Le domaine 2 du socle comprend les méthodes et outils pour apprendre seul ou collectivement. Ce domaine va concerner les sciences ou encore l'histoire et la géographie mais aussi toutes les disciplines scolaires à plus ou moins grande échelle : les mathématiques, le français, etc. Les outils mobilisés peuvent concerner tant les outils numériques (moteur de recherche, etc) que les outils plus classiques comme les dictionnaires ou encyclopédies. Le domaine 3 du socle correspond à la formation de la personne et du citoyen. Toutes les matières vont permettre de travailler ce domaine du socle. Les sciences ont un rôle ici aussi par le développement de l'esprit critique que tout citoyen français doit avoir pour conserver son libre-arbitre. L'Éducation Morale et Civique ou encore l'histoire-géographie sont des disciplines qui peuvent être croisées avec les sciences dans le but de développer cette notion. Il est inutile de préciser que les sciences ont un rôle primordial dans le travail concernant le domaine 4 du socle commun : les systèmes naturels et les systèmes techniques. Ce domaine peut aussi permettre de croiser différents enseignements tels que les mathématiques. Pour finir, le domaine 5 concerne les représentations du monde et de l'activité humaine. L'histoire-géographie sera la discipline privilégiée pour ce domaine. Cependant, des liens peuvent être faits avec les sciences si l'on explique que c'est grâce à des démarches proches des démarches scientifiques que toutes les connaissances que nous avons sur notre monde actuel ont pu être découvertes et prouvées.

Toujours d'après les programmes, les notions étudiées en sciences lors du cycle 3 ont déjà été appréhendées dans les cycles précédents. L'objectif des sciences au cycle 3 est donc de généraliser, c'est-à-dire appréhender les méthodes, les savoir-faire plus que les savoirs. De plus, les différentes méthodes de résolution disponibles développent "la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, l'habileté manuelle et expérimentale, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre".

« Par le recours à la démarche d'investigation, les sciences et la technologie apprennent aux élèves à observer et à décrire, à déterminer les étapes d'une investigation, à établir des relations de cause à effet et à utiliser différentes ressources. » (Bulletin Officiel n°31 du 31 juillet 2020). Il y est aussi précisé que les élèves doivent « travailler à partir de l'observation

et de démarches scientifiques variées (modélisation, expérimentation...) » mais aussi que “la construction progressive de modèles simples, permettant d’interpréter celles-ci et d’expliquer une diversité de phénomènes et de les prévoir” (Bulletin officiel n°11 du 26 novembre 2015).

Les sciences sont donc un pan très important de ces nouveaux programmes. Comme il y est précisé, la démarche d’investigation qui est préconisée est un moment d’interaction avec les différentes disciplines, toujours dans un souci de transversalité. La modélisation est, quant à elle, une démarche scientifique privilégiée au cycle 3 pour le thème concernant la planète Terre.

L’astronomie au cycle 3

L’astronomie au cycle 3 est un moment privilégié pour la modélisation. Nous verrons ce lien plus précisément plus bas.

L’astronomie est la science de l’observation des astres, cherchant à expliquer leur origine, leur évolution et leurs propriétés physiques et chimiques.

L’astronomie à l’école permet d’atteindre des objectifs nombreux et variés, dont voici quelques exemples :

- Acquérir une démarche scientifique (s’interroger, agir pour comprendre, observer, conclure) : l’astronomie, comme tous les thèmes au programme des sciences de cycle 3, nécessite une démarche d’investigation scientifique pour résoudre les problèmes que les élèves vont se poser.
- Acquérir la maîtrise de la langue (nommer, décrire, proposer, argumenter) : les différentes hypothèses ainsi que les traces écrites sur ce thème seront le moment idéal pour travailler la langue et acquérir des langages scientifiques adéquats et précis.
- S’initier à l’expression graphique et écrite (dessiner, schématiser, légènder un dessin, recopier une conclusion) : la schématisation peut, entre autres, permettre de comprendre plus précisément et de façon plus claire l’astronomie.
- Acquérir la maîtrise de soi (persévérance, autonomie) : la compréhension de certains phénomènes peut poser problème aux élèves. Il faut donc qu’ils apprennent à être persévérants jusqu’à ce que les obstacles soient surmontés.
- S’éduquer à la citoyenneté (respect des consignes, attention et ouverture aux autres, entraide) : les sciences amènent à la coopérations entre pairs, au respect des consignes, afin de mener les différents travaux vers la compréhension.

L'astronomie est étudiée à l'école depuis le cycle 1. Cependant je vais m'intéresser ici au cycle 3 dans la partie "Sciences et technologie", "La planète Terre".

Cadres théoriques

Modèle – modélisation

Comme vu précédemment, la modélisation est donc un enjeu important du programme des sciences au cycle 3. Nous allons donc voir comment elle est intégrée aux sciences physiques puis aux apprentissages spécifiques.

La modélisation en sciences physiques

Un modèle est « une construction intellectuelle théorique qui représente la réalité – ou une partie de celle-ci – et qui se substitue à elle pour réfléchir (Rolando) ». Il est constitué de plusieurs concepts qui sont structurés par des lois et des principes qui ne sont pas forcément accessibles aux élèves car trop complexes (Karine Bécu-Robinault, 1997). De plus, travailler à partir d'un modèle permet de structurer des concepts et des lois qui le composent (Karine Bécu-Robinault, 1997). Il apporte donc un autre point de vue pour appréhender certains phénomènes. Nous pouvons ajouter que les théories étudiées sont de plus en plus ardues à saisir et difficilement manipulables. C'est pourquoi le modèle est l'intermédiaire entre le monde réel et le monde des théories facilitant la compréhension (Figure 2).

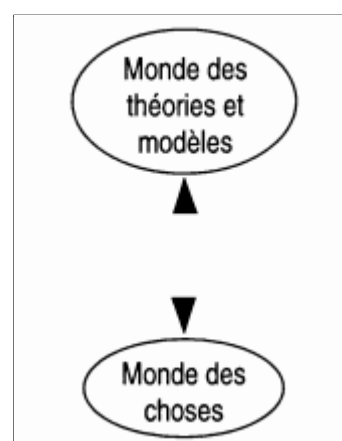


Figure 2: La théorie des deux mondes

Les modèles sont utilisés comme outil de médiation entre réel et théorie. C'est ce qu'explique la théorie des deux mondes selon Bécu Robinault (2004). Des échanges de savoirs ont lieu entre les deux mondes. En effet, dans un sens, les modèles découlent du monde des objets. Sans avoir compris ce monde des événements, on ne peut que difficilement faire un modèle représentatif de la réalité. Dans un autre sens, il faut que les modèles permettent de comprendre la réalité. Il s'agit d'un échange entre les deux mondes qui est permanent. Les élèves doivent donc sans arrêt avoir en mémoire ce qu'ils ont observé et ce qu'ils voient sur le modèle pour faire le lien.

Des auteurs précisent qu'un même phénomène peut être représenté par plusieurs modèles (Drouin, 1988). Il peut aussi être révisé en fonction des découvertes récentes. Il n'existe pas de définition unique pour caractériser un modèle, c'est un concept polysémique (Roy et Hasni, 2014).

Robardet et Guillaud (1997) décrivent deux sortes de modèles : les modèles physiques ou les modèles symboliques.

Le modèle matériel, encore appelé modèle physique, peut être sous forme de maquettes, de schémas. Ce sont des représentations concrètes qui permettent de représenter des phénomènes. Ces types de modèles sont souvent utilisés en astronomie, en technologie, en biologie. Par exemple, en astronomie, une maquette peut être réalisée afin de comprendre les différentes phases de la lune.

Alors que le modèle conceptuel, aussi appelé modèle symbolique, permet de représenter de façon schématique l'activité d'un système. Il s'appuie sur des équations ou sur des schémas de fonctionnement. Ce modèle semble moins concret et permet une simple simulation du phénomène. Par exemple, ce modèle peut être utilisé en mathématiques lors de la résolution de problèmes.

Le modélisation est un processus qui mène au produit : le modèle (Karine Bécu-Robinault, 1997). La modélisation regroupe donc tout le processus de création d'un modèle.

Le rôle de la modélisation dans les apprentissages spécifiques

Dans la première partie, nous avons expliqué qu'il existe différentes méthodes de résolution de problèmes comme l'expérimentation directe, la recherche documentaire etc. Nous avons vu que la modélisation faisait partie de ces méthodes. Nous allons maintenant voir le rôle qu'a le modèle dans l'apprentissage en sciences physiques.

Les modèles sont utilisés comme outils d'investigation scientifiques pour la classe. En effet, la modélisation doit être mise en place dès le cycle 3 afin d'étudier des phénomènes difficilement observables ou des phénomènes complexes, comme par exemple, comprendre les phases de la lune ou encore le système solaire dans son ensemble.

L'étape qui consiste à aider l'élève à construire ce système de représentation apparaît comme une étape importante pour la compréhension du phénomène.

Ce recours à la modélisation permet aux élèves d'acquérir des connaissances spécifiques dans les matières scientifiques par exemple. La modélisation, lorsqu'elle est clairement explicitée et que le lien entre modèle et réalité a été saisi par les élèves, est bénéfique aux apprentissages et à la compréhension des faits scientifiques par les élèves. En effet, les travaux de Tiberghien sur la théorie des deux mondes expliquent que les physiciens, tout comme les élèves, construisent des connaissances en faisant des aller-retour entre les deux mondes. Ce qui a été observé sur le modèle doit pouvoir aisément être rapporté au monde des objets pour que ce soit compréhensible. A l'inverse, c'est en voyant que le modèle se rapporte à la réalité que l'élève peut assimiler ce qui a été vu sur le modèle comme étant le réel phénomène physique.

Il a plusieurs fonctions : expliquer, représenter et prédire les phénomènes (Roy et Hasni 2014). Un des objectifs du modèle est de rendre intelligible un phénomène qui peut être complexe à appréhender. Ainsi, comme le précisent Morge et Doly (2013), le modèle ne doit pas être comme un grossissement de la réalité ou une photographie de ce qu'il se passe dans la réalité. Il ne doit pas forcément être "vrai". Il doit d'abord et avant tout permettre de comprendre le phénomène. Le modèle doit donc simplifier ce qu'il se passe dans la réalité tout en respectant les lois qui régissent le monde physique. C'est cette distinction entre modèle et réalité qui pose problème aux élèves.

Comme le précise Soler (2013), le "modèle n'est pas et n'a pas pour but d'être fidèle à la réalité". La difficulté pour les élèves est donc de savoir faire la distinction entre le monde du réel et le monde des théories. C'est sur ce sujet précis que le débat autour de l'intégration de la modélisation dans les programmes de primaire a lieu. En effet, certains chercheurs estiment qu'il est trop tôt, que les élèves n'ont pas la maturité cognitive pour appréhender cette différence. Selon Inhelder et Piaget (1955) cités par Coquidé et Maréchal, les opérations formelles, auxquelles on pourrait assimiler la modélisation, ne seraient possibles et entendables pour les individus seulement à partir de l'adolescence. D'autres auteurs comme Canal et al. (1992) cités par Coquidé et Le Maréchal ont montré que dès le primaire les élèves pouvaient modéliser d'eux-mêmes.

Tâches épistémiques

Si nous considérons qu'il y a un lien entre le savoir et le discours, nous analysons les productions verbales du point de vue des processus de pensée en jeu dans la compréhension du monde matériel, ce que Ohlsson appelle les tâches épistémiques.

Ces dernières sont des tâches que les personnes utilisent quand elles parlent et écrivent. Du point de vue de l'enseignement, ce sont les tâches cognitives que l'on va donner aux élèves.

Tâches épistémiques	Thème (sujet de la tâche)	Comment
Décrire	- Faits observables (événements, objets, indications) - Graphiques, schémas, images	
Interpréter	- Faits observés - Concepts - Principes, lois, définitions théoriques - Stratégies d'usage des principes, lois, définitions	- Construire des relations entre les objets et les événements - Construire des relations entre les objets, les événements et les grandeurs physiques - Construire des relations entre les

	théoriques, concept	grandeurs physiques
Prédire	<ul style="list-style-type: none"> - Faits expérimentaux - Élément théorique - Relation entre les faits et les éléments théoriques 	<ul style="list-style-type: none"> - De manière intuitive - A partir d'observations d'objets ou d'événements - A partir d'éléments théoriques
Définir	<ul style="list-style-type: none"> - Faits observés - Concepts - Principes, lois, définitions théoriques 	
Expliquer	<ul style="list-style-type: none"> - Faits observés - Concepts - Principes, lois, définition théoriques - Stratégies d'usage de principes, lois, définitions théoriques, concepts 	<ul style="list-style-type: none"> - Construire des relations entre les objets et les événements - Construire des relations entre les objets, les événements et les grandeurs physiques - Construire des relations entre les grandeurs physiques
Questionner	<ul style="list-style-type: none"> - Faits observés - Concepts - Principes, lois, définition théoriques - Stratégies d'usage de principes, lois, définitions théoriques, concepts 	
Discuter	<ul style="list-style-type: none"> - Faits observés - Concepts - Principes, lois, définition théoriques - Stratégies d'usage de principes, lois, définitions théoriques, concepts 	
Critiquer	<ul style="list-style-type: none"> - Faits observés - Concepts - Principes, lois, définition théoriques - Stratégies d'usage de principes, lois, définitions théoriques, concepts 	

Tableau 1 : Categories of epistemic tasks (Tiberghien, Buty et Le Maréchal, 2005, p. 42)

Certaines tâches sont directement liées à l'activité de modélisation, comme définir et interpréter. Il s'agit de tâches qui nécessitent de l'observation et un niveau de compréhension moins élevé.

D'autres tâches sont plutôt liées à la compréhension d'un modèle, les notions de décrire, questionner, et prédire. Ici, les élèves ont plus de travail cognitif à fournir. Ces niveaux de compréhension étant fortement liés à la notion de modèle.

Dans le cas de la modélisation, prédire signifie donner un sens à quelque chose, tirer une signification de "quelque chose du monde matériel" ou de "quelque chose de la relation théorie/modèle avec le monde matériel" en mettant en jeu un point de vue ou un élément de modèle qui va être mis en œuvre pour rendre compréhensible ou clarifier cette chose.

Puis d'autres mettent en jeu les acteurs de la modélisation comme les actions d'expliquer, d'argumenter.

Toutes ces tâches permettent de répondre aux attendus de fin de cycle 3 et également aux compétences du socle commun de compétence de connaissance et de culture.

Domaine 1 : des langages pour penser et communiquer

- Comprendre s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit
- Comprendre s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques

Domaine 2 : des méthodes et outils pour apprendre

- Coopérer et réaliser des projets

Domaine 3 : la formation de la personne et du citoyen

- Maîtriser l'expression de sa sensibilité et de ses opinions, respecter celles des autres
- Exercer son esprit critique, faire preuve de réflexion et de discernement

Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques

- Mener une démarche scientifique ou technologique, résoudre des problèmes simples.

Domaine 5 : Les représentations du monde et de l'activité humaine

- Raisonner, élaborer, imaginer, produire

Ces tâches épistémiques sont donc incontournables pour l'enseignant. Il se doit d'en faire part aux élèves ou au moins de les prévoir dans sa préparation car ces dernières vont les aider à avoir un raisonnement scientifique et ainsi à résoudre des problèmes scientifiques.

Ces tâches sont présentes tout au long de la démarche d'investigation. Une précédente recherche a non seulement montré la pertinence de cette classification pour analyser les savoirs en jeu à l'école primaire mais a également montré que la variété des tâches épistémiques intégrées aux activités proposées aux élèves et non leurs répétitions constitue un facteur favorable à la construction des savoirs visés (Boivin-Delpieu, 2015).

Astronomie

Nous avons souligné précédemment le rôle de la modélisation dans différents domaines. De plus, nous avons affirmé que la modélisation est souvent utilisée en astronomie. Dans cette partie nous allons réfléchir sur l'importance des modèles en astronomie.

Connaissances visées par les programmes

En astronomie, l'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre autour de l'axe des pôles. En effet, la Terre fait un tour complet sur son axe de rotation en 24 heures. L'axe de rotation est assimilé à une droite qui traverse la Terre du Pôle Nord vers le Pôle Sud. Il correspond à un diamètre de notre planète. A un instant T, la moitié de la surface de la Terre est face au soleil et donc éclairée par le soleil. Il fait jour. L'autre moitié n'est pas atteinte par les rayons du soleil et est dans l'ombre propre de la Terre, il fait nuit. La Terre tourne autour de son axe et peu à peu, la moitié qui était à la lumière se retrouve dans l'obscurité, il y fait dorénavant nuit. La moitié qui était dans le noir se retrouve dans la lumière, il y fait jour. Les élèves doivent donc comprendre la position de la Terre par rapport au soleil pour comprendre pourquoi il fait jour et pourquoi il fait nuit.

Pour que cette partie du programme soit maîtrisée et assimilée, il faut que les élèves aient déjà appris et accepté que la Terre est ronde. Sans cette connaissance préalable, le phénomène qui sera étudié ne peut être accepté.

Analyse a priori des savoirs

Afin de valider les apprentissages des élèves, il faut réaliser une analyse a priori des savoirs. Cela signifie que nous allons lister les éléments que les élèves sont capables de rapporter afin de prouver qu'ils ont assimilé les connaissances en jeu dans cette séquence.

Tout d'abord, en amont de la séquence, il faut vérifier que certaines connaissances sont d'ores et déjà maîtrisées par les élèves. Le fait que la Terre et le soleil soient de forme sphérique est

un pré-requis nécessaire pour la compréhension de cette séquence. Les élèves doivent aussi être conscients que la lumière du jour qui nous arrive sur Terre est celle du soleil.

Pour qu'on soit assurés que les élèves se sont appropriés les connaissances liées à la séquence, il faut qu'ils puissent exprimer, par n'importe quel moyen (oral, dessin, gestes), plusieurs phénomènes. Les élèves doivent avoir compris que l'obscurité de la nuit n'est pas due à la lune mais à l'absence de lumière. Il faut qu'ils aient assimilé que la partie de la Terre qui n'est pas face au soleil n'est pas touchée par les rayons du soleil donc, qu'il fait nuit. Ils ne doivent pas exprimer le fait que la nuit est due à la présence de la lune.

Ils doivent aussi avoir compris que l'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même. La correspondance "une journée correspond à un tour de la Terre" peut permettre de prouver cette connaissance.

Lien modélisation et astronomie

Bécu-Robinault (2004) considère que pour accéder aux apprentissages et aux connaissances, les élèves doivent établir des liens entre le monde des théories et modèles et le monde des événements. Comme expliqué plus tôt, c'est le modèle qui est le support de ces liens. Dans le cas de la rotation de la Terre, on peut observer l'alternance journée-nuit ou encore le mouvement apparent du soleil. Cependant, il est impossible d'avoir une compréhension du phénomène sans avoir un point de vue extérieur. La rotation de la Terre n'étant ni visible ni tangible à notre échelle. C'est pourquoi la modélisation est ici le moyen le plus utilisé pour interpréter ce phénomène physique.

Selon Rolando, l'étude de l'astronomie au primaire, hormis l'aspect culture générale, contribue à "la structuration mentale de l'espace et des repères qui permettent de s'y orienter". Cela dépasse donc le strict cadre disciplinaire. Son expérience s'est donc basée en partie sur la modélisation comme support pour expliquer l'alternance jour-nuit sur Terre. Pour cela, il part donc de la modélisation habituelle qui est réalisée en classe c'est-à-dire en utilisant des boules polystyrène. Cependant, il a remarqué que les manipulations sont maladroitement et surtout que "la manipulation s'opère sans lien avec le système cognitif". Autrement dit, les élèves qui ont une idée de la réponse savent manipuler. Ceux qui n'ont aucune intuition sur le phénomène ne savent pas comment faire pour résoudre ce problème.

Rolando, dans son article, conclut sur l'utilisation de l'astronomie pour concevoir des modèles. Le lien entre modélisation et astronomie ne doit pas se résumer à comprendre les phénomènes. En effet, l'étude de l'astronomie est surtout un moment privilégié pour apprendre à concevoir des modèles, comprendre leur utilité et comment les utiliser.

Problématique

Précédemment, nous avons décrit le développement de la démarche d'investigation ainsi que son déroulement pour les sciences physiques au programme du cycle 3. Nous avons ensuite décrit ce qu'est la modélisation ainsi que son utilisation et son apport didactique. Nous avons aussi décrit le programme de sciences concernant la partie "La Planète terre" du cycle 3 et plus particulièrement l'alternance journée-nuit.

La problématique de ce mémoire sera la suivante :

En quoi les élèves s'appuient-ils sur la modélisation d'un phénomène observé en astronomie afin d'interpréter et expliquer ce dernier?

À cette problématique s'ajoutent deux modalités d'expérimentation. Dans un premier temps, certains élèves effectueront des manipulations avec des objets tangibles et pourront donc se placer dans un repère héliocentrique. D'autres élèves modéliseront la situation avec leur propre corps. Ainsi, ces derniers seront placés dans un référentiel géocentrique.

La séquence

Dans cette partie, nous allons décrire la séquence qui sera réalisée avec les élèves afin de tester notre problématique tout en respectant la démarche d'investigation. Cette partie sera réalisée en appui sur les travaux de Rolando, *L'astronomie à l'école, Construire des compétences et des savoirs au cycle 3*, 2003. La fiche de séquence se trouve en annexe n°2.

La situation déclenchante

Comme précisé plus haut, la situation déclenchante a pour but de questionner les élèves et d'attiser leur curiosité. L'objectif est aussi d'aboutir à un questionnement scientifique. Ce phénomène est observable tous les jours. Nous allons donc nous baser sur un questionnement que se sont posés certains élèves de la classe de CM1 en début d'année. Plusieurs d'entre eux s'étaient déjà demandé "pourquoi fait-il jour et pourquoi fait-il nuit?". Il s'agira du point de départ de notre séquence et donc de notre raisonnement scientifique.

La problématisation

La problématisation correspond à la mise en problème du phénomène scientifique. Pour amener tous les élèves à la réflexion, il leur sera demandé à tous de rédiger leur problématique par groupes. Le travail effectué tout au long de l'année sur les démarches d'investigation rendra ce moment de la démarche rapide. Une fois que chaque groupe aura rédigé sa question de recherche, une mise en commun aura lieu et un débat pourra avoir lieu sur la forme que la problématique devra prendre. On s'attend à ce que la problématique soit de la forme "Comment peut-on expliquer l'alternance des journées et des nuits?".

Un moment de cette partie sera consacré aux définitions de journée et de nuit afin d'être sûrs qu'un consensus ait lieu entre tous les élèves. La journée sera donc définie comme l'espace de temps entre le lever et le coucher du soleil. La nuit sera définie comme la durée comprise entre le coucher et le lever du soleil et où ce dernier n'est pas visible. Ces définitions seront écrites par chacun et affichées au tableau pour que les élèves puissent y revenir aisément tout au long de la séquence.

La formulation des hypothèses

La formulation des hypothèses est une étape charnière de la démarche d'investigation. C'est à ce moment que vont pouvoir être recueillies les représentations initiales des élèves. Cette étape permettra aussi de s'assurer que tous les élèves savent que la terre est ronde. Il sera demandé à chacun de dessiner ce qui, pour eux, permet l'alternance journée-nuit. De plus, ils pourront ajouter une phrase ou deux afin d'expliquer plus clairement leur hypothèse.

Un moment de mise en commun va permettre de regrouper plusieurs hypothèses qui se ressemblent et éliminer certaines hypothèses. Tous les élèves pourront donner leur hypothèse et elles seront toutes notées au tableau. Les élèves pourront débattre entre eux (sans intervention de l'enseignant pour ne pas biaiser leur réaction) pour restreindre le nombre d'hypothèses et éliminer celles qui relèvent de la tautologie ou de la naïveté due à leur âge.

On s'attend à plusieurs hypothèses telles que :

- Le Terre tourne sur elle-même et autour du soleil.
- La Terre et la lune tournent autour du soleil.
- Le soleil tourne autour de la Terre et de la lune.

Toutes ces hypothèses ont bien en commun la Terre ainsi que le soleil pour source de lumière. La notion de rotation est aussi présente dans chacune de ces hypothèses.

Elles seront notées par chaque élève ainsi qu'au tableau pour que les élèves puissent y revenir tout au long de la séquence afin de ne pas perdre de vue l'objectif.

L'élaboration de la démarche de résolution

Les manipulations ont été effectuées par des groupes de cinq élèves de CM1. Puis des mises en commun ont eu lieu à la fin de la séquence pour que les élèves de CM1 expliquent le phénomène étudié aux CE2. Ainsi, nous avons pu évaluer ce qui avait été compris ou non.

Pour ce qui est de la démarche de résolution, deux sortes de démarche seront proposées aux élèves. Une démarche sera réalisée par un groupe. Le groupe 1 réalisera la première démarche et le groupe 2 réalisera la seconde démarche afin de comparer les deux manipulations. Les groupes de travail ont été désignés en fonction du niveau de connaissance des élèves afin d'avoir des groupes le plus équivalents possibles. Ils ont aussi été déterminés en fonction des caractères des élèves afin que tout le monde puisse participer et ainsi éviter d'avoir uniquement des petits parleurs dans un seul et même groupe.

La première démarche sera des plus classiques et consistera en la manipulation de balles de polystyrène et d'une source de lumière. Il s'agira d'une démarche avec un point de vue héliocentrique. Cela signifie que les élèves ont un point de vue qui n'est pas celui d'un observateur qui se trouverait sur la surface terrestre. Ils modélisent un phénomène auquel ils appartiennent habituellement. Les élèves auront le matériel à disposition ainsi que les hypothèses à tester. Ils devront se mettre d'accord sur comment vérifier les hypothèses. Ils devront prendre des notes au fur et à mesure en vue de confronter leurs résultats avec ceux des autres élèves.

La seconde démarche sera d'un point de vue extérieur. Lors de cette expérience, ce sont les élèves eux-mêmes qui seront assimilés à la Terre et au soleil. L'élève qui aura le rôle de la Terre aura donc un point de vue géocentrique, assimilé à ce qu'un observateur terrestre

pourrait avoir. Les élèves pourront à tour de rôle devenir l'élève-terre pour avoir le même point de vue que celui qu'ils ont habituellement. De la même façon que précédemment, les élèves pourront tester toutes les hypothèses librement et se mettre d'accord sur les réponses qu'ils auront à fournir aux autres.

Rolando a mis en lumière les difficultés que les élèves rencontrent concernant le lien entre modèle et réalité. Pour pallier cela, avant chaque expérience, un tableau sera à remplir par les groupes où ils devront retrouver les correspondances entre le modèle et ce qu'il se passe en réalité.

La confrontation des résultats

Lors de cette étape, les élèves devront discuter, commenter et argumenter leurs idées. Pour cela, chaque groupe pourra venir donner sa nouvelle hypothèse ou valider celle qu'il pense être correcte. Si des élèves ne sont pas d'accord entre eux, un débat sera instauré. Afin d'appuyer leurs arguments, le matériel utilisé lors des expériences sera à disposition des élèves. Ce moment nous permettra aussi de voir vers quelle méthode de résolution se tournent spontanément les élèves.

Puis, nous demanderons à chaque élève de dessiner à nouveau sa réponse à la question "comment expliquer l'alternance des journées et des nuits?". De même, l'élève ajoutera une ou deux phrases expliquant son dessin. Les dessins du début et de fin de séquence seront comparés pour vérifier l'évolution de la réflexion des élèves.

Une trace écrite sera rédigée par les élèves en production d'écrit ainsi qu'un schéma explicatif du phénomène.

Réalisation

Lors de la réalisation de la séquence en classe, j'ai été confrontée à plusieurs changements de programme.

Dans un premier temps, les élèves semblaient tous connaître la réponse à la problématique posée. A l'oral, leurs réponses semblaient cohérentes avec le savoir de référence. Sur tous les dessins, tous avaient une représentation sphérique de la Terre. Tous savaient déjà que la Terre tourne autour du soleil et que la lune est un satellite de la Terre.

Cependant, en analysant les premiers dessins réalisés afin de connaître leurs représentations initiales, il s'est avéré que ce n'était pas le cas. Beaucoup d'élèves ont ajouté une hypothèse

que je n'avais pas prévue : le fait que l'obscurité aux endroits de la Terre où il fait nuit serait dû à des rayons que la lune enverrait sur la face de la Terre qui n'est pas face au soleil. Ce serait donc, d'après ces élèves, la lune qui envoie l'obscurité à la Terre.

La notion de rotation de la Terre était présente chez la quasi-totalité des élèves en début de séquence. Lorsqu'on demande aux élèves d'expliquer oralement à quoi correspond la rotation de la Terre, cela paraît flou. En effet, certains élèves ont répondu que l'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même. D'autres ont répondu que c'était dû à la rotation de la Terre autour du soleil. L'idée que la Terre tourne est présente chez tous, cependant, peu sont en capacité d'expliquer à quel phénomène visible cela correspond.

La séquence a donc été adaptée aux représentations initiales des élèves. Les hypothèses ont donc changé. Il y a eu deux hypothèses avec plusieurs modalités qui ont été rédigées par les élèves :

- L'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre autour du soleil.
- L'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même.
- La nuit est due à l'absence de lumière.
- La nuit est due à la présence de la lune.

Pour montrer à ces élèves que ce n'était pas le cas, il a fallu ajouter une étape lors de la réalisation de la démarche de résolution. Une fois que la rotation de la Terre sur elle-même a été montrée et acceptée par tous, la même modélisation, peu importe la modalité, a été faite avec et sans lune.

Protocole expérimental

La problématique de ce mémoire est la suivante : En quoi les élèves s'appuient-ils sur la modélisation d'un phénomène observé en astronomie afin d'interpréter et expliquer ce dernier? Plusieurs types de données seront relevées pour nous permettre d'y répondre.

Toutes ces données vont nous permettre d'analyser l'évolution de l'explication et de l'interprétation du phénomène étudié chez l'élève. Nous avons relevé des données qui vont nous permettre le plus possible de comprendre le cheminement intellectuel qu'ont réalisé les élèves lors de la manipulation.

Les élèves seront amenés à produire des dessins à deux moments lors de la séquence. Un premier dessin sera demandé lors du recueil des représentations initiales. Les élèves pourront, au choix, ajouter une petite phrase pour expliquer leur dessin. De plus, ils seront filmés et enregistrés lors de l'explication de leur dessin. En fin de séquence, les élèves devront faire un nouveau dessin. Ils seront aussi enregistrés en expliquant leur dessin.

Les dessins de début et de fin de séquence seront comparés afin de voir l'évolution des connaissances des élèves ainsi que de leur compréhension du phénomène observé en fonction de la manipulation qu'ils auront effectuée. Nous pourrons regarder l'évolution de la réponse de chaque élève à la question de recherche. Nous pourrons regarder si leur explication sur la raison de l'alternance des journées et des nuits a évolué et si elle est correcte.

Les éléments énoncés ci-dessus seront regardés ainsi que l'évolution entre les deux dessins. Nous regardons si des éléments ont été ajoutés, supprimés ou modifiés. Ainsi, nous pourrons voir quelles connaissances ont été assimilées et si certaines représentations initiales ont été remaniées.

Grâce aux films qui ont été réalisés, les discours des élèves seront aussi analysés. En effet, dans ces enregistrements, les élèves décrivent leur dessin. Ils avaient la possibilité de rajouter une phrase pour décrire leur dessin. Cependant, l'oral permet d'être sûr que l'on a bien compris ce qui a été dessiné. Les humains, même enfants, sont considérés comme experts de leur langue maternelle et peuvent donc exprimer très précisément leur pensée. En croisant les dessins, les écrits et les enregistrements, une perte d'information minimale est probable.

Lors de la phase de la démarche de résolution, les élèves seront filmés et enregistrés. Ainsi, les discussions entre élèves pourront être développées. De plus, le film permettra de comprendre les explications en fonction des différentes manipulations que pourront entreprendre les élèves.

Le but du film ainsi que de l'enregistrement audio est d'éviter au maximum la perte d'informations concernant les connaissances des élèves. De plus, nous pourrions regarder comment les élèves décrivent et interprètent le phénomène en s'appuyant sur le matériel qui est à leur disposition.

Les films des élèves qui seront à notre disposition nous permettront aussi de nous baser sur des éléments non linguistiques. En effet, nous pourrions observer les réponses corporelles des élèves. Nous pourrions observer et décrire leurs regards, voir leur implication dans le groupe, leur placement dans le groupe lors des explications.

Toutes ces données vont nous permettre de voir en quoi les élèves se basent sur la modélisation qui est à leur disposition pour résoudre un problème scientifique. Nous pourrions regarder plusieurs manifestations langagières comme des verbes d'actions à l'impératif : "regarde, montre, etc". Nous pourrions aussi regarder les gestes que font les élèves, s'ils montrent quelque chose par exemple.

Résultats

Lors de la réalisation de la séquence, plusieurs types de données ont été relevées. Il s'agit maintenant de les analyser afin de tenter de répondre à notre problématique.

Analyse des données recueillies

Les données ont été prélevées sur les 10 élèves de CM1 de la classe que j'ai à charge cette année. Les données ont été analysées de différentes manières en fonction de leur nature.

Dessins de départ

Pour ce qui est des dessins scientifiques que les élèves ont produits, plusieurs éléments ont été relevés et observés :

- la Terre et le soleil sont des sphères
- la Terre reçoit les rayons du soleil sur un seul côté
- la partie de la sphère opposée au soleil est dans l'obscurité
- la Terre tourne sur elle-même
-

Sur les dix dessins de départ, quatre d'entre eux montrent une notion de rotation, peu importe que ce soit la Terre sur elle-même ou la Terre autour du soleil. Cela se remarque d'autant plus en écoutant les enregistrements filmés et audios liés aux dessins.

Dans cet échange, on peut voir que l'élève sait que la Terre tourne autour du soleil, il l'a appris. Cependant, il ne semble pas avoir mis de sens sur ce que cela signifie. Il ne semble pas non plus comprendre la différence entre la rotation de la Terre sur elle-même qui provoque l'alternance journée-nuit et la révolution de la Terre autour du soleil qui est à l'origine d'une année.

Élève : "J'ai dessiné la Terre qui tourne, le soleil l'éclaire et il fait jour.

Professeure : Pourquoi la Terre tourne-t-elle?

E : *Hésite...* Parce que la Terre tourne autour du soleil."

Sur ces quatre élèves qui ont représenté une rotation dans leur dessin, deux d'entre eux ont une conception juste du phénomène étudié, c'est-à-dire qu'ils ont représenté la rotation de la Terre sur elle-même pour expliquer l'alternance journée-nuit (voir annexe n°3). Les deux autres élèves ont représenté à la fois la rotation de la Terre sur elle-même mais ils ont ajouté la révolution de la Terre autour du soleil sans préciser quel mouvement permet l'alternance

journée-nuit (voir annexe n°4). Cela peut signifier que les élèves n’ont pas mis en relation les mouvements de la Terre avec le phénomène observable par un observateur terrestre.

Trois autres élèves n’ont pas du tout de notion de rotation de la Terre. Leurs dessins ne répondent pas entièrement à la problématique. Ils expliquent la raison du jour et de la nuit mais le concept d’alternance est absent (voir annexe n°5). La Terre est comme séparée en deux avec une partie où il fait jour et une partie où il fait nuit. Ce phénomène est bien compris, il est bien dessiné que la nuit est due à l’absence de lumière car cette partie de la Terre n’est pas face au soleil. Il manque la rotation pour expliquer l’alternance de la journée et de la nuit. Les enregistrements liés à ces dessins n’ont pas permis de compléter ce qu’ont voulu dire les élèves. Lorsqu’on leur demande en quoi cela explique l’alternance journée-nuit, l’explication reste vague.

Enseignant : “Mais en quoi cela explique-t-il l’alternance journée-nuit?”

Elève : Eh bien car la partie de la Terre qui est face au Soleil reçoit la lumière, il fait jour, la partie de la Terre qui n’est pas face au soleil est dans la nuit.”

Sur les dix dessins, deux d’entre eux semblent montrer que l’obscurité de la nuit est due à la présence de la lune (voir annexe n°6). La lune semble envoyer des rayons d’obscurité à la Terre. En effet, la lune est très souvent associée à la nuit, que ce soit dans les contes, dans les films, etc. Cependant, on peut se demander si les rayons dessinés ne correspondraient pas à la réverbération de la lumière du soleil sur la Terre. En effet, la nuit n’étant pas totalement noire lorsque la lune est présente, les élèves peuvent avoir compris à quoi cela est dû.

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatif des dessins de début de séquence en fonction de la conception de l’élève qui l’a dessiné.

Un élève a réalisé un dessin montrant une conception animiste (annexe n°7). Sur ce dessin et sur les enregistrements oraux, l’élève explique que lorsqu’il fait jour, la Terre est réveillée et lorsqu’il fait nuit la Terre dort. Cette dernière est représentée avec des yeux ouverts ou fermés. Lorsqu’on demande à l’élève en quoi cela explique l’alternance journée-nuit, il ne répond pas et redit ce qu’il a dit auparavant.

Présence de rotation		Terre séparée en deux sans rotation de la Terre	Rôle de la lune indispensable à la nuit	Conception animiste
De la Terre sur elle-même	De la Terre sur elle-même + Révolution de la Terre autour du soleil			
2	2	3	2	1

Tableau 2 : Résultats des dessins de début de séquence sur 10 élèves

Dessins de fin de séquence

Sur les dix dessins, neuf d'entre eux représentent toujours une rotation de la Terre. Cette fois-ci, sept d'entre eux représentent la rotation de la Terre sur elle-même (voir annexe n°8).

Deux élèves ont eux représenté à la fois la rotation de la Terre sur elle-même, mais aussi la rotation de la Terre autour du soleil (voir annexe n°9). Ce sont les deux mêmes élèves qui ont déjà dessiné les deux rotations dans le dessin de départ. On peut se demander si les élèves qui ont ajouté le phénomène de révolution n'ont pas dessiné cela plus pour montrer qu'ils savent et connaissent ce phénomène que parce qu'ils n'ont pas compris ce qui a été modélisé.

Un élève a toujours un dessin qui ne répond pas à la problématique (voir annexe n°10). Il s'agit de l'élève qui avait réalisé une conception animiste. Dans ce second dessin, il a ajouté une phrase "parce que Dieu a fait comme ça". Cet élève étant allophone, la barrière de la langue peut expliquer qu'il n'y a pas eu d'évolution dans sa compréhension du phénomène. La modélisation ne lui a pas permis d'interpréter le phénomène étudié.

Les derniers semblent montrer les éléments de façon très claire et précise. La raison de la journée et de la nuit sur Terre sont justes. La rotation de la Terre sur elle-même est représentée et bien explicitée dans leur dessin et dans leurs explications orales. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les connaissances sont plus claires pour les élèves, ils sont donc plus précis dans leur dessin.

Sur les dix dessins effectués après les manipulations, aucun ne montre des rayons d'obscurité qui touchent la Terre et viennent de la lune. Des échanges lumineux ont lieu entre la lune et la Terre sur trois dessins mais il s'agit du reflet de la lumière du soleil sur la lune vers la Terre. Ces éléments du dessin ne sont donc pas pris en compte dans notre analyse. En effet, cela ne répond pas à la problématique de ce mémoire. Cependant, ces éléments n'empêchent en rien d'analyser les dessins et ne sont pas la preuve d'une incompréhension du phénomène. C'est exactement ce qu'il se passe et cela permettra une ouverture sur une prochaine séquence afin d'expliquer les différentes phases de la lune.

Comparaison des dessins

Les deux dessins de chaque élève sont comparés entre eux. Cela permet de voir l'évolution de pensée de chaque élève. Nous aurions pu comparer les dessins, peu importe quel élève l'a dessiné. Mais en choisissant de comparer les dessins d'un même élève, nous pouvons voir les changements pour chaque élève. De plus, le faible nombre de sujets de cette expérience justifie ce choix. Sur un nombre de sujets plus important, il aurait été utile de comparer les dessins en général, sans faire attention à qui a dessiné tel dessin.

Deux élèves avaient dès le début la bonne réponse à la question de recherche. Ces élèves avaient déjà assimilé que la rotation de la Terre sur elle-même explique l'alternance journée-nuit. Les dessins réalisés après les manipulations ont permis de montrer une consolidation des connaissances avec un dessin plus précis et un discours plus affirmé et certain lorsqu'il s'est agi d'expliquer le dessin. Les traits sont plus nets et on voit qu'il y a eu moins de traces de gommage sur le dessin. Il s'agit donc d'un premier jet, toutes les informations étaient déjà présentes en mémoire. Il leur a été facile de représenter ce phénomène car il est bien compris. Dans le discours, il n'y a eu aucune hésitation et le ton utilisé était sûr.

Cinq élèves avaient représenté une rotation de la Terre autour du soleil pour répondre à la problématique ou la notion de rotation était absente du premier dessin. Sur le dessin de fin, ces six élèves ont représenté la rotation de la Terre sur elle-même. Les explications orales complètent les dessins et sont témoins de l'évolution de la compréhension du phénomène. Tous les élèves ont répondu à la problématique de façon correcte. La connaissance visée est donc acquise pour ces élèves.

Les deux élèves qui s'étaient concentrés sur le rôle de la lune dans la nuit ont abandonné cette idée. Lors de la manipulation, ils ont donc compris que ce phénomène ne répondait pas à la question de recherche. Leur dessin est maintenant correct et répond à la problématique posée.

Un élève ne semble pas avoir modifié sa représentation initiale. Son dessin de fin est quasiment le même que celui du début. Aucune notion de rotation n'est présente. Cet élève étant allophone, la modélisation ne lui aura pas permis de passer outre la barrière de la langue. Il sera exclu de l'interprétation des résultats qui va suivre.

A la fin de la séquence, les neuf élèves (sans compter l'élève allophone) semblent donc avoir assimilé que l'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même, et ce, peu importe le type de modélisation qui a été réalisé par les élèves.

Film modélisation avec objets tangibles

Lors de la manipulation avec les objets tangibles, les élèves du groupe 1 ont d'abord découvert le matériel à disposition : des balles de polystyrène, une lampe, des pics à brochette, un feutre. Ils ont d'abord commencé par faire les analogies entre les objets et ce qu'ils représentent dans la réalité. Les balles représentaient la Terre et la lune, la lampe représentait le soleil. Les pics à brochette permettaient de planter les balles pour ne pas avoir à les tenir à la main, et ainsi permettre une manipulation et une observation plus aisées. Le feutre a permis de modéliser l'endroit où la France se trouve pour représenter notre point de vue sur Terre.

Les élèves ont ensuite pris en main les objets et se sont mis d'accord sur la marche à suivre. Plusieurs débats se sont instaurés entre les élèves.

Tout d'abord, la façon de tenir la lampe. Certains élèves tenaient la lampe au-dessus de la balle. Les élèves ont argumenté et se sont mis d'accord pour mettre la lampe à l'horizontale, face à la balle. Sans l'exprimer oralement, ils se sont mis d'accord pour fixer le pôle nord et le pôle sud de la planète. La partie de la balle piquée par le bâton en bas est devenue le pôle sud tandis que la partie la plus haute de la balle est devenue le pôle nord. Durant toute la manipulation, la balle est restée positionnée de la même manière et dans le même sens.

Un autre débat s'est instauré quant à la position de la lune. Au départ, ils ont placé les deux balles ainsi que la lampe dans le même alignement. Cependant, plusieurs ont été dérangés par le fait que la lumière du soleil ne touchait pas la lune. Ils ont donc décalé la lune légèrement en hauteur par rapport à la ligne de départ. Ils se sont donc mis d'accord sur le fait que la lune étant légèrement décalée par rapport au soleil, ce dernier l'éclairait et que la réverbération de ces rayons sur la lune permettait d'éclairer la Terre, ce qui explique qu'il ne fait pas nuit noire durant la nuit.

Le débat a été recentré par rapport à la problématique de départ. Une élève a tourné le pic à brochette pour représenter la rotation de la Terre sur elle-même. Les élèves se sont concentrés et deux ont dit qu'ils avaient fini de répondre à la question.

Cependant, trois élèves ne semblaient toujours pas avoir compris en quoi cela répondait à la problématique. Pour cela, ils ont modélisé où se trouvait la France et ont fait tourner la Terre. Il leur a été suggéré de penser en heure. En fonction de où le point se trouvait, il leur a été demandé d'estimer l'heure qu'il pouvait être en France avec ce placement de la Terre. En estimant plusieurs horaires différents en modifiant la position de la balle, cela a éclairé les élèves. Ils ont donc conclu que l'alternance journée-nuit était due à la rotation de la Terre sur elle-même. Le matériel a donc permis de s'appuyer dessus pour interpréter le phénomène, pour les élèves en incompréhension, et pour expliquer le phénomène pour les élèves qui avaient compris.

Concernant l'attitude des élèves, ceux qui avaient déjà des connaissances sur ce phénomène ont pris les choses en main et ont expliqué aux autres élèves afin qu'ils comprennent. D'expliquer à voix haute quelque chose que l'on sait déjà permet de consolider nos connaissances, c'est ce qui a été bénéfique pour ces élèves. Les autres ont pu s'appuyer sur la modélisation et sur le discours de leurs pairs pour acquérir une nouvelle connaissance.

Dès la fin de la modélisation, les élèves ont réalisé le second dessin, après avoir rappelé la question de recherche.

Film modélisation sans objet tangible

La manipulation a commencé en attribuant un rôle à plusieurs élèves du groupe 2. Pour se repérer, ils se sont servis de leur couleur de vêtement. Ils ont ensuite décidé de se placer sur une ligne : un élève tenant la lampe, un élève modélisant la Terre et un élève modélisant la lune. Une fois placés, il leur a été difficile d'avancer et de se mettre d'accord sur une stratégie. Ils ont eu besoin d'une aide extérieure pour savoir comment se placer et comment essayer de répondre à la problématique.

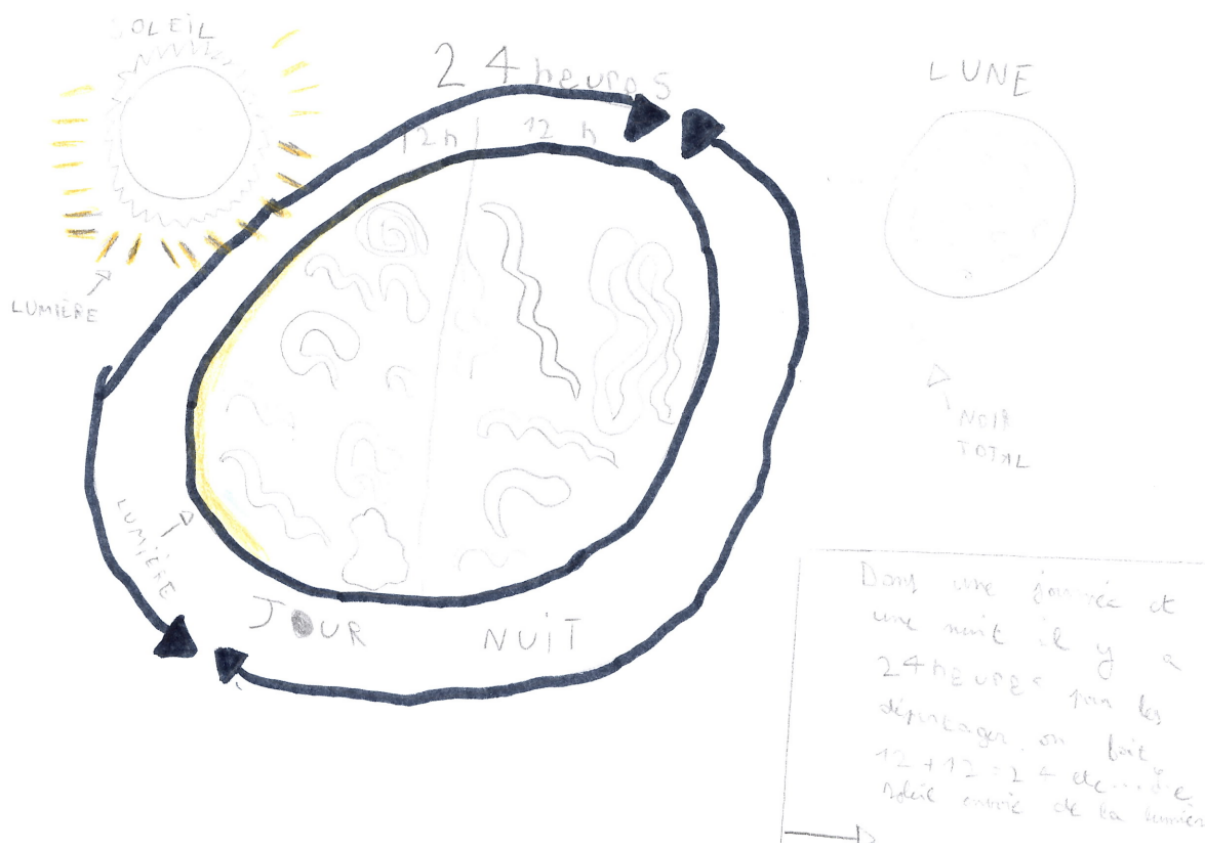
L'élève représentant la Terre ne cessait de chercher à se mettre face au soleil. Je leur ai donc conseillé de se baser sur ce déplacement inconscient. Un élève a pris l'initiative de faire tourner cet élève sur lui-même. Ils ont ensuite décidé de placer un repère sur l'élève pour représenter l'emplacement de la France. Ils ont ensuite placé l'élève de différentes façons selon s'ils voulaient que ce soit le matin, le soir, le midi ou la nuit en France.

Pour que tous les membres du groupe puissent voir, ils ont changé plusieurs fois les rôles des élèves, afin que tous puissent avoir un point de vue extérieur sur la manipulation. Tous les élèves ont donc pu participer et observer en même temps.

Un débat au sein du groupe s'est instauré lorsqu'il leur a été demandé de placer l'élève Terre selon certains horaires. Ils ne se sont pas mis d'accord sur l'inclinaison du corps de l'élève Terre.

Si un élève ne comprenait toujours pas, les autres l'ont aidé en montrant sur l'élève Terre. Ils ont utilisé les mêmes techniques que le groupe qui a modélisé en utilisant des objets

tangibles.



Cette manipulation a duré plus longtemps que la précédente car les débats ont été plus longs et plus animés. Les élèves du groupe 2 ont mis plus de temps à tomber d'accord. Il s'agira de savoir si ces discussions sont dues à la difficulté de la prise en main de la manipulation ou tout simplement des caractères des élèves qui ont manipulé dans cette modalité. En effet, certains caractères ne collent pas et si personne ne fait de concession, la discussion peut rapidement s'envenimer.

Après avoir visionné le film de la modélisation réalisée par ce groupe 2, on peut voir que les débats ont eu lieu surtout sur le placement de l'élève-Terre. L'inclinaison de cet élève a posé problème à plusieurs élèves, même si cela variait de seulement quelques degrés par rapport à l'élève-soleil.

Interprétation des résultats

Les données recueillies nous montrent donc que tous les élèves ont assimilé les connaissances attendues à la fin de la séquence. Tous les élèves ont accepté et compris que l'alternance journée-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même. Dans l'ensemble, la modélisation a permis aux élèves d'assimiler ce phénomène. Ces résultats confirment donc les expériences de Bécu-Robinault et Rolando.

Les deux formes de modélisation ont permis aux élèves de faire l'analogie entre le monde réel et le modèle. Tous ont compris qu'il s'agissait de représentations d'objets célestes et donc de phénomènes. En explicitant clairement quels éléments du modèle représentaient quel composant de la réalité, tous partaient égaux et avec la même compréhension de ce qui allait être manipulé.

Lorsque l'on met en commun les dessins de début et de fin de séquence avec le type de modélisation réalisé, on ne peut trouver de lien. En effet, peu importe la modalité d'expérimentation, tous les élèves ont assimilé la connaissance sur le phénomène expliquant l'alternance journée-nuit.

Les deux formes de modélisation ont nécessité des repères visuels pour placer l'endroit de la Terre où nous nous trouvons. Ainsi, le lien avec le réel était d'autant plus évident pour les élèves. Ils ont pu se reporter à ce qu'ils voient de là où ils sont constamment et donc faire un lien direct entre le monde des théories et le monde du réel.

Les résultats recueillis lors de cette manipulation ne permettent pas de mettre en évidence une différence notable ou significative entre les deux types de modélisation utilisées. Les différences surgiront plus de l'observation de la mise en œuvre de ces méthodes.

En effet, pour la manipulation sans objet tangible, la forme du corps de l'élève paraissait trop éloignée de la réalité pour que cela facilite la compréhension des élèves. Lorsqu'on demande aux élèves de placer l'élève Terre en fonction d'une certaine heure par rapport au soleil, la discussion est plus longue et plus animée que lors de la manipulation avec la balle qui est sphérique. Lors de la manipulation avec les balles en polystyrène, les élèves n'ont pas eu à se mettre d'accord durant un long moment avant de donner la même réponse commune.

En observant les vidéos prises lors des manipulations, on peut voir que si un élève ne comprend pas, ses camarades ont plus de difficultés à montrer directement sur le modèle dans la modalité sans objet.

Une fois les modélisations effectuées, il a été demandé aux élèves de CM1 d'expliquer l'alternance journée-nuit aux élèves de CE2. Nous avons pu remarquer qu'instinctivement, tous les élèves, y compris ceux qui ont modélisé sans les balles en polystyrène, se tournent vers ces dernières. On peut donc conclure que la modélisation avec les balles en polystyrène parle plus aux élèves qu'utiliser leur propre corps.

Nos hypothèses prédisaient qu'appartenir au système qu'ils représentent permettraient aux élèves de mieux comprendre le phénomène étudié. Ainsi, on aurait pu penser qu'une manipulation sans objet tangible faciliterait la compréhension des élèves. Nous avons cependant remarqué que ce n'est pas le cas.

Cela pourrait être dû à plusieurs choses. Tout d'abord, avec une manipulation où les élèves ont un point de vue géocentrique, ils ne peuvent pas tous voir ni participer à la manipulation.

De plus, cette représentation semble trop éloignée de ce qu'ils voient quotidiennement en se trouvant sur Terre. Ils semblaient avoir des difficultés à imaginer le point de vue qu'ils auraient sur Terre en fonction du placement des élèves lors de l'expérience.

La forme des élèves qui se rapproche plus du pavé droit que de la sphère est trop éloignée de la forme de ce qu'ils ont à représenter. La modélisation n'est pas une photographie de la réalité, certes, mais elle doit pouvoir se rapprocher au maximum de ce qu'elle représente. C'était trop éloigné pour les élèves pour que l'analogie soit parfaite. Ils avaient bien compris que l'élève Terre représentait la Terre. Cependant, il était physiquement impossible de reproduire le phénomène étudié car le modèle était trop éloigné et trop peu ressemblant.

Le fait de regarder d'un point de vue extérieur en utilisant les balles en polystyrène permet à tous les élèves de voir correctement ce qu'il se passe. De plus, cela évite de mettre un élève au cœur de l'attention et considéré comme un objet. Avec cette représentation, tous les élèves peuvent avoir le même point de vue et ainsi débattre plus facilement et plus rapidement : tous savent de quoi ils parlent.

Points de vigilance concernant l'interprétation des résultats

Cette interprétation de résultats n'est pas parfaite et certains points de vigilance doivent être abordés et relevés.

Tout d'abord, cette expérimentation n'a lieu que sur un très faible échantillon. Cet échantillon n'est probablement pas représentatif de tous les élèves. Il faudrait donc retenter cette expérience sur un échantillon plus important afin d'avoir un panel de réactions plus complet et plus intéressant.

De plus, un système de codage des dessins et des vidéos permettrait une analyse plus pointue des résultats. Chaque élément du dessin ainsi que chaque réaction d'élève dans la vidéo pourrait se voir attribuer une valeur numérique pour ainsi calculer un score de chaque élève. Plus le score serait élevé, plus la représentation fournie par l'élève serait complète et donc, nous pourrions dire que l'élève a compris le phénomène étudié.

Discussion

Le rôle de la modélisation dans cette séquence

Cette séquence est une séquence que l'on pourrait redouter par l'importance des apprentissages qu'elle comporte. Elle peut être réalisée grâce à plusieurs démarches de résolution comme la recherche documentaire ou grâce à une vidéo.

Cependant, la dimension didactique de la modélisation dans cette séquence permet aux élèves de manipuler les objets afin de comprendre plus aisément ce qui est en jeu pour ce phénomène physique. Les élèves n'ont pas peur de modifier comme ils le sentent, ils peuvent tous, chacun leur tour, placer les éléments du modèle comme ils le veulent afin de pallier les difficultés qu'ils pourraient avoir. Ainsi, la modélisation sera au service de leur compréhension ou pour consolider les connaissances déjà acquises.

En explicitant le lien entre les éléments du modèle et les éléments du monde réel, la manipulation par les élèves a lieu en toute connaissance de cause. Ils ont tous conscience de ce qu'ils font. Ceux qui font face à plus de difficultés peuvent être aidés par leurs camarades. Ces derniers peuvent leur montrer directement en utilisant le matériel à disposition comme support de leur discours..

En classe entière, les deux modalités ont été montrées à tous une fois que les dessins de fin de séquence ont été réalisés par les deux groupes expérimentaux. Chaque groupe a pu refaire la modélisation qu'il a réalisée devant tout le monde. Le but était que les élèves de CE2 comprennent le phénomène.

Nous avons pu observer que lorsqu'un élève ne comprenait pas parfaitement le phénomène décrit, les élèves de CM1 utilisaient instinctivement et sans hésitation les balles en polystyrène pour refaire une manipulation.

On peut donc en déduire que la modélisation a un rôle important dans cette séquence. En effet, si les élèves se tournent vers le modèle pour expliquer, c'est que l'utilité d'un support ici, d'un outil de transfert, est significative. Si la modélisation n'était pas utile, les élèves auraient tout simplement reformulé leur phrase. Le rôle de la modélisation est donc important ici.

D'autres élèves ont réalisé un schéma au tableau pour expliquer à ceux qui n'avaient pas compris. Il s'agit d'une forme de modélisation non prévue dans ce mémoire mais qui n'est pas hors sujet.

La modélisation a donc permis à la quasi-totalité des élèves d'apprendre quel phénomène astronomique est à l'origine de l'alternance journée-nuit. Cette connaissance est désormais acquise chez les élèves de CM1.

Propositions d'autres modalités expérimentales

D'autres types de modélisation auraient pu être mises en place lors de cette séquence pour comparer. Nous savons maintenant que la modélisation sans objet tangible, avec le corps des élèves, ne permet pas une lecture très claire ni très aisée de ce phénomène. Nous pourrions par la suite décider d'autres modalités expérimentales à comparer pour voir quelle serait la meilleure option au service de l'apprentissage des élèves.

Nous aurions pu comparer une modélisation avec des balles en polystyrène comme réalisée lors de ce mémoire avec une modélisation schématique, donc plane, de ce phénomène. Cependant, ce type de modélisation devra se faire avec la participation de l'enseignant ou d'un élève qui connaît déjà le phénomène étudié. Il sera peut-être plus difficile pour les élèves de faire le lien avec leur vécu personnel, c'est-à-dire ce qui est observable depuis la Terre. Cependant, un schéma offre la possibilité d'avoir un le même point de vue pour tous les élèves, ce qui leur a posé problème lors de la modélisation où ils représentaient eux-mêmes le système étudié.

La modélisation avec les balles de polystyrène comme médium aurait pu être mise en parallèle avec une explication par vidéo. Il s'agit d'une autre forme de modélisation mais expliquée par une personne tierce. La vidéo a l'intérêt d'être dynamique et donc de montrer sous la forme d'un film la rotation de la Terre avec sa partie éclairée et sa partie dans l'ombre. Ce moyen peut permettre la compréhension du phénomène. Il peut aussi être intéressant de montrer ce film avant la modélisation afin que les élèves puissent reproduire ce qu'ils ont vu tout en manipulant et en étant actifs dans le processus d'apprentissage.

Un logiciel où les élèves pourraient placer eux-mêmes les planètes et le soleil pourrait permettre une modélisation en ajoutant une dimension numérique. L'application pourrait permettre de visualiser ce qu'il se passe sur la Terre en fonction de l'emplacement choisi par l'élève. Des options de rotation et de rayonnement pourraient être mises en place en fonction de l'objet. Cette modélisation permet une manipulation et de voir les différents scénarios possibles.

Ce qui aurait pu être amélioré

Certains points auraient pu être améliorés afin de rendre cette séquence encore plus fluide pour l'enseignant et pour les élèves.

La révolution de la Terre autour du soleil a été plusieurs fois mise en rapport afin de répondre à la problématique. Cela montre que les élèves ont appris ce phénomène sans pour autant savoir à quel phénomène visible et observable de la Terre il est lié. Il se pourrait que certains élèves n'aient toujours pas compris ce que la révolution de la Terre provoque. En couplant les deux problématiques lors de cette séquence et en mettant ainsi les deux phénomènes en parallèle, cela aurait pu permettre aux élèves de comprendre le rôle de chaque rotation de la Terre. Ils auraient pu faire la différence entre la rotation de la Terre sur elle-même qui provoque l'alternance journée-nuit et la révolution de la Terre autour du soleil qui explique l'année et donc les saisons.

La lune est toujours présente dans les représentations des élèves. Une autre modélisation avec des balles en polystyrène par exemple pourrait permettre aux élèves de comprendre quel est le rôle de la lune et aussi expliquer ces différentes phases. Ils pourraient ainsi étudier pourquoi elle change de forme, le fait que sa lumière est en fait la réverbération du soleil et pourquoi il se peut qu'elle disparaisse ou soit absente certaines nuits.

Des améliorations matérielles pourraient aussi permettre une lecture plus fluide des expérimentations.

La pièce où a été réalisée l'expérience n'était absolument pas sombre. En réalisant cette expérience dans une pièce au noir complet, il serait encore plus évident pour les élèves de comprendre. Ce serait encore plus visible et plus clair, spécialement pour les élèves qui ne semblent pas encore très au point sur ce sujet.

La balle en polystyrène pourrait être remplacée par un globe terrestre. Ainsi, la notion de repère géographique serait plus claire. Les élèves pourraient se repérer plus facilement sur la Terre et l'analogie entre la modélisation et la réalité serait plus flagrante. Il pourrait s'en suivre un questionnaire en donnant l'heure approximative de certains pays en fonction du placement des éléments pour avoir plus d'indices quant à la compréhension du phénomène.

Les points positifs

La réalisation de cette séquence m'aura permis de relever plusieurs points positifs.

Dans un premier temps, la préparation de la séquence a été réalisée de façon plus approfondie car il y avait un enjeu dans sa réalisation, c'est-à-dire la rédaction de ce mémoire. Cela m'a permis de me rendre compte de l'importance d'une préparation poussée tout en essayant de réfléchir à tous les tenants et les aboutissants afin de tenir un objectif.

Cela a permis de se rendre compte que les séquences de sciences vont bien au-delà de connaissances à acquérir. Il y a toute une dimension portant sur le vivre ensemble et qui va permettre aux élèves de devenir de futurs citoyens. Cette séquence a permis de faire naître des débats entre les élèves, il leur aura fallu trouver des solutions et se mettre d'accord. Des discussions ont eu lieu pour les amener à enrichir leurs connaissances et à développer leur esprit critique en exprimant oralement leurs désaccords et leur propre avis.

Les manipulations en groupe ont permis aux différents membres de trouver leur place ou d'affirmer leur position. En tant qu'enseignant, ces moments ont permis de connaître un peu mieux les élèves. En effet, ces derniers ont pu révéler leur personnalité. Certains élèves ont montré un tempérament de leader, d'autres élèves qui semblaient effacés ont pris la main pour expliquer aux autres élèves.

Le fait de sortir d'une classe avec son ambiance et d'avoir des petits groupes restreints permet aux élèves de se révéler et d'être moins intimidés par l'effet du groupe-classe dans son entièreté.

Ressenti professionnel

Cette casquette de chercheur qu'il a fallu endosser lors des expérimentations ou encore de la rédaction ce mémoire offre une toute nouvelle vision du métier d'enseignant.

En effet, ce point de vue montre toute l'importance qu'ont les différentes recherches en didactique dans l'application de ces dernières. Les recherches sont complémentaires de la pratique en classe et cette dernière ne saurait avoir lieu sans que les enseignants n'en prennent connaissance. Il y va donc de la responsabilité de chacun de se mettre à jour sur les récentes recherches qui ont pu être publiées.

De plus, cela m'a montré qu'il est possible de faire des expérimentations en classe sans que cela ne prenne un temps considérable et laisse de la place aux autres apprentissages. En effet,

sans forcément attendre que des études soient faites sur le sujet qui nous intéresse, il est aisé de mettre en place des expérimentations. Ces dernières peuvent avoir un objectif double. En effet, elles peuvent permettre à la fois d'observer ce qui sera le plus bénéfique pour les élèves afin d'enrichir notre pratique. Mais elles permettraient aussi de voir ce qui, en tant qu'enseignant, nous conviendrait le mieux. Ainsi, si un enseignant hésite entre deux façons de faire, il peut soit faire les deux et ensuite choisir celle qui lui convient le mieux ou tester les deux sur plusieurs années pour voir ce qui convient le mieux aux élèves.

Annexes

Annexe 1 :

[Socle commun de connaissances, de compétences et de culture \(education.gouv.fr\)](http://education.gouv.fr)

Annexe N°2 : Fiche de séquence

Séquence de sciences physique
Classe : CM1 - Cycle 3
Durée envisagée :

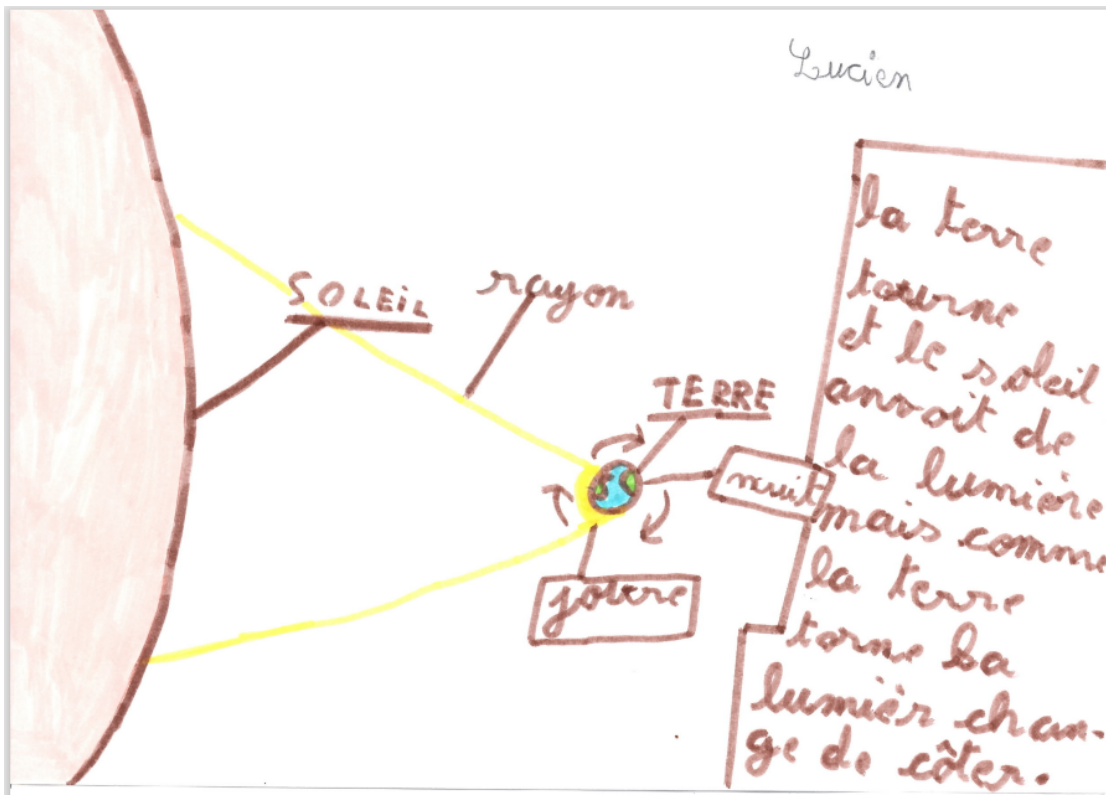
Objectif général : comprendre l’alternance journée-nuit

Pré-requis : Connaissance de la structure sphérique de la Terre

Séance	Objectifs intermédiaires	Compétences mises en oeuvre	Savoirs associés	Support - Matériel	Durée
Séance n°1	Situation déclenchante, problématisation et élaboration des hypothèses Réaliser les dessins de début de séquence (représentations initiales)	Problématiser Émettre une ou plusieurs hypothèses Argumenter et défendre ses opinions	Définitions de nuit et journée Savoir rédiger une problématique Savoir rédiger des hypothèses	Affiches au tableau Feuilles blanches	45 minutes
Séance n°2	Elaboration de la démarche de résolution avec un point de vue héliocentrique avec le groupe 1	Manipuler et vérifier des hypothèses		Balles de polystyrène Pics à brochette Lampe	45 minutes

				(Caméra et dictaphone)	
Séance n°3	Elaboration de la démarche de résolution avec un point de vue géocentrique avec le groupe 2	Manipuler et vérifier des hypothèses		Lampe (Caméra et dictaphone)	45 minutes
Séance n°4	Réaliser les dessins post-manipulation Confrontation des résultats	Présenter, argumenter et raisonner		Feuilles blanches Matériel des expériences Affiches avec les hypothèses	45 minutes
Séance n°5	Conclusion de la séquence et trace écrite	Rédiger, faire une synthèse			45 minutes

Annexe n°3 : Dessins de départ - Rotation de la Terre sur elle-même

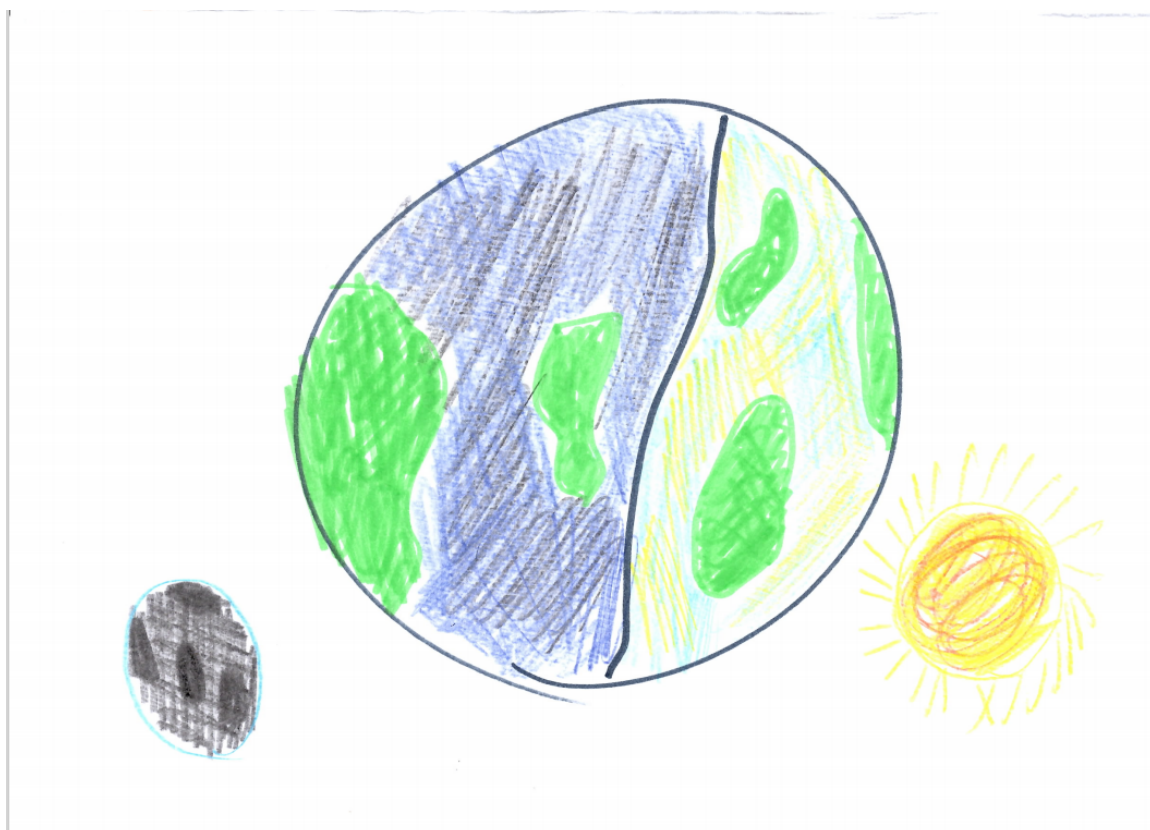
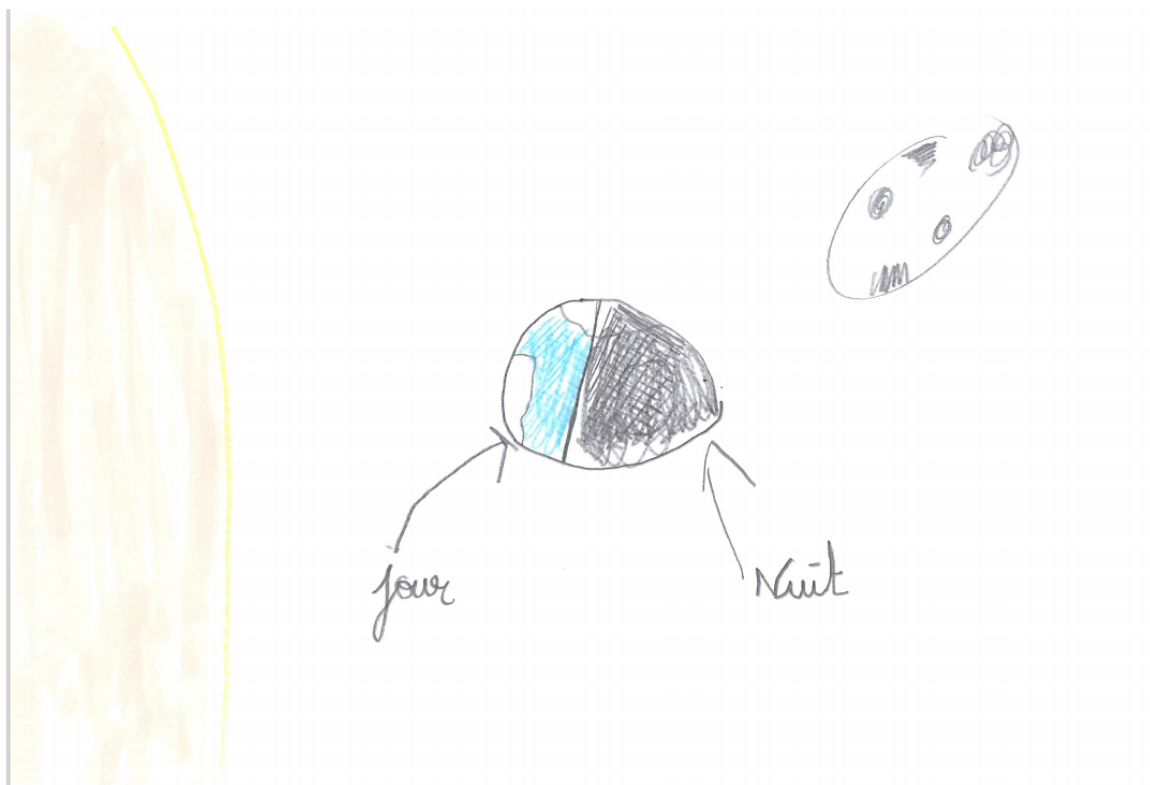


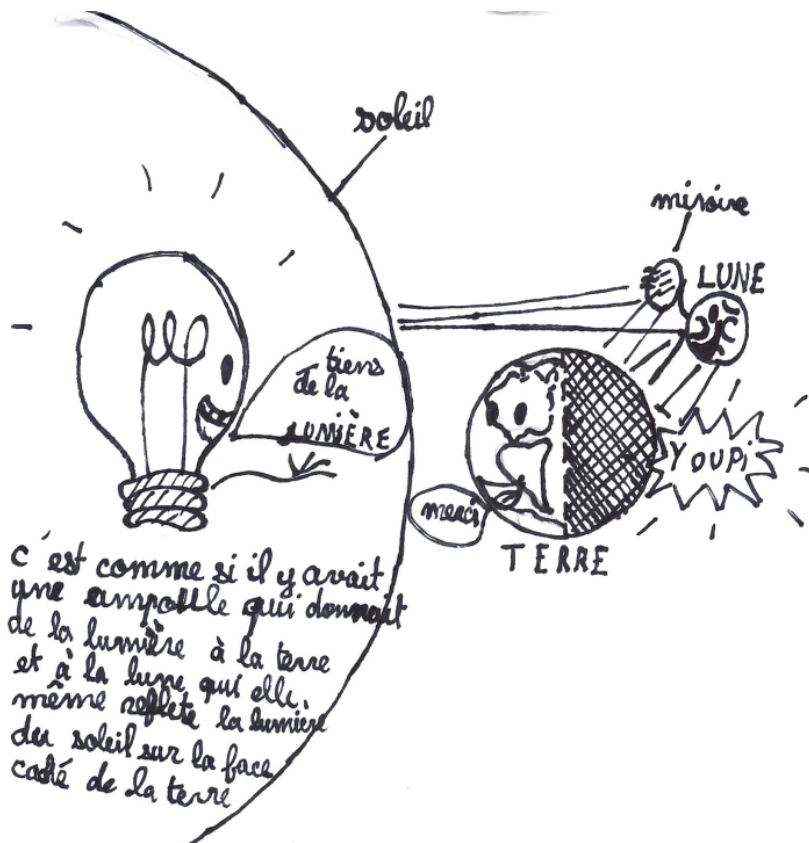
la terre tourne au tour du soleil et d'un côté de la terre il fait jour et de l'autre il fait nuit.

Annexe n°4 : Dessins de départ - Rotation de la Terre sur elle-même + révolution de la Terre autour du soleil

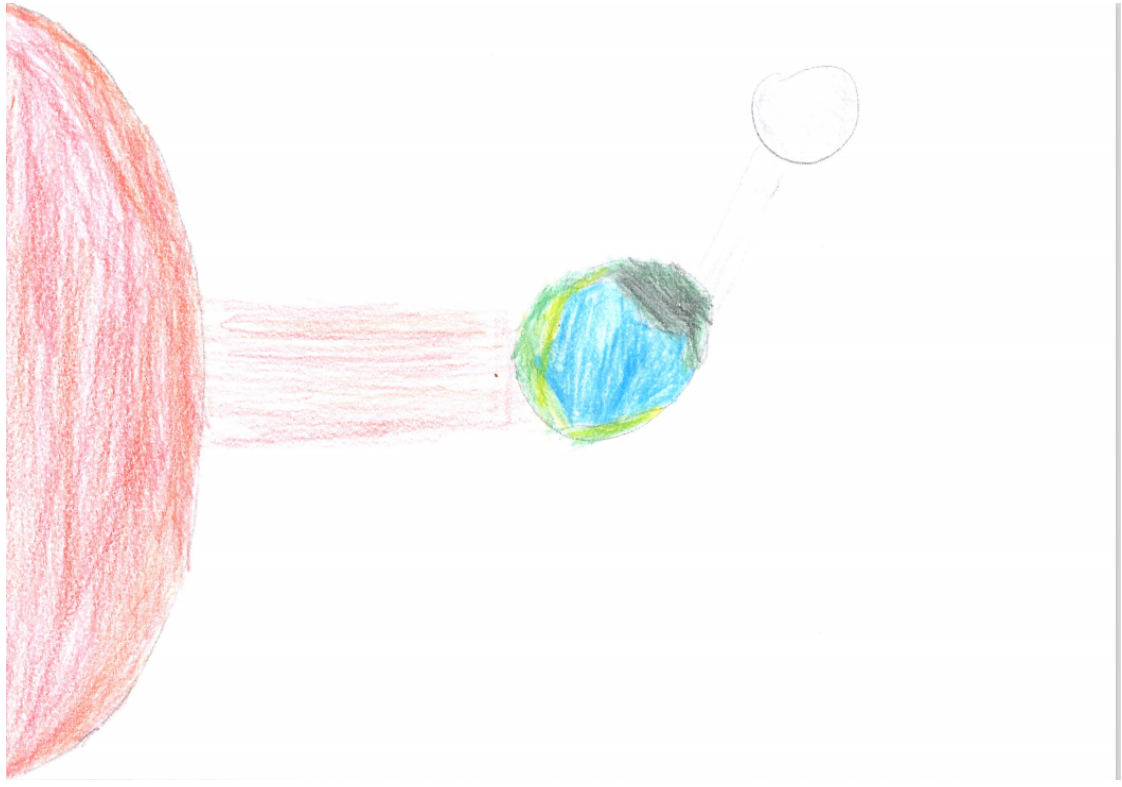


Annexe n°5 : Dessins de départ - Terre séparée en deux sans notion de rotation

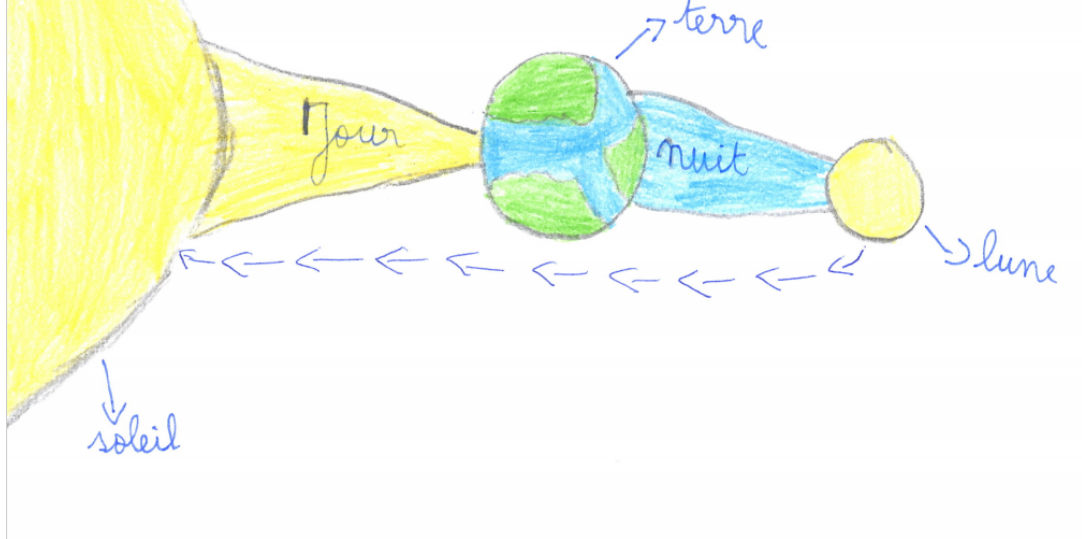




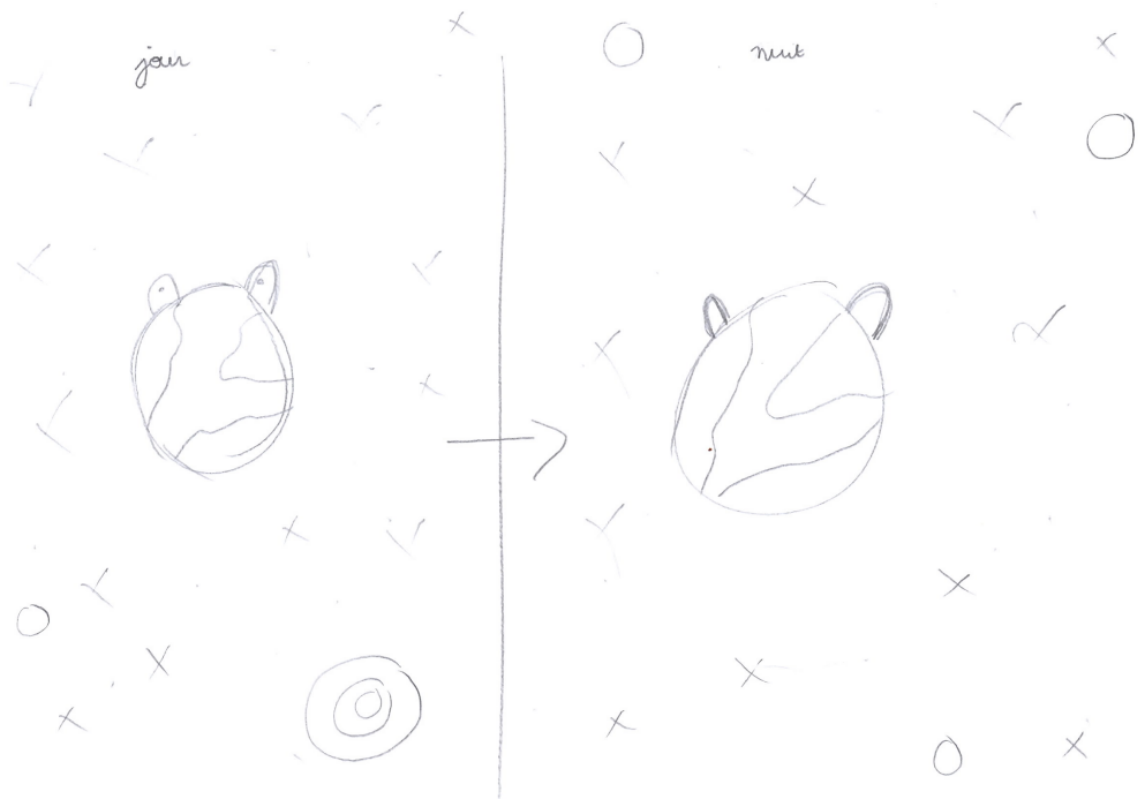
Annexe n°6 : Dessins de départ - Rôle de la lune



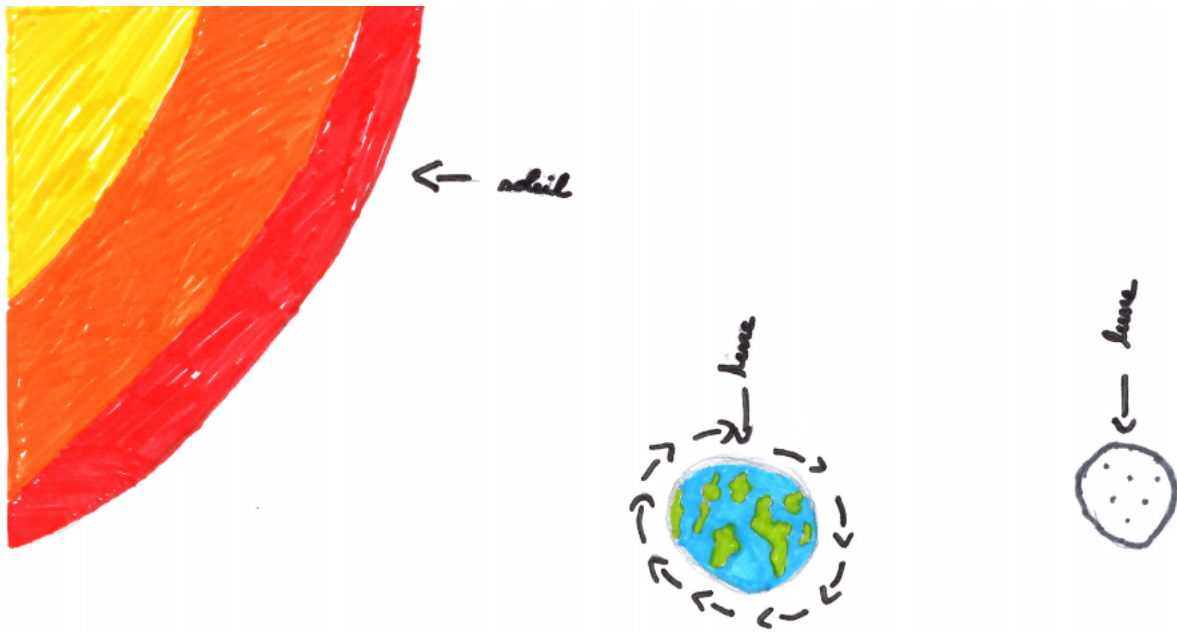
Quand le soleil touche avec ses rayons la terre ça veut dire que
soit le jour a cet endroit. Mais quand la lune touche un endroit
de la terre ça veut dire qu'il fais nuit a cet endroit.



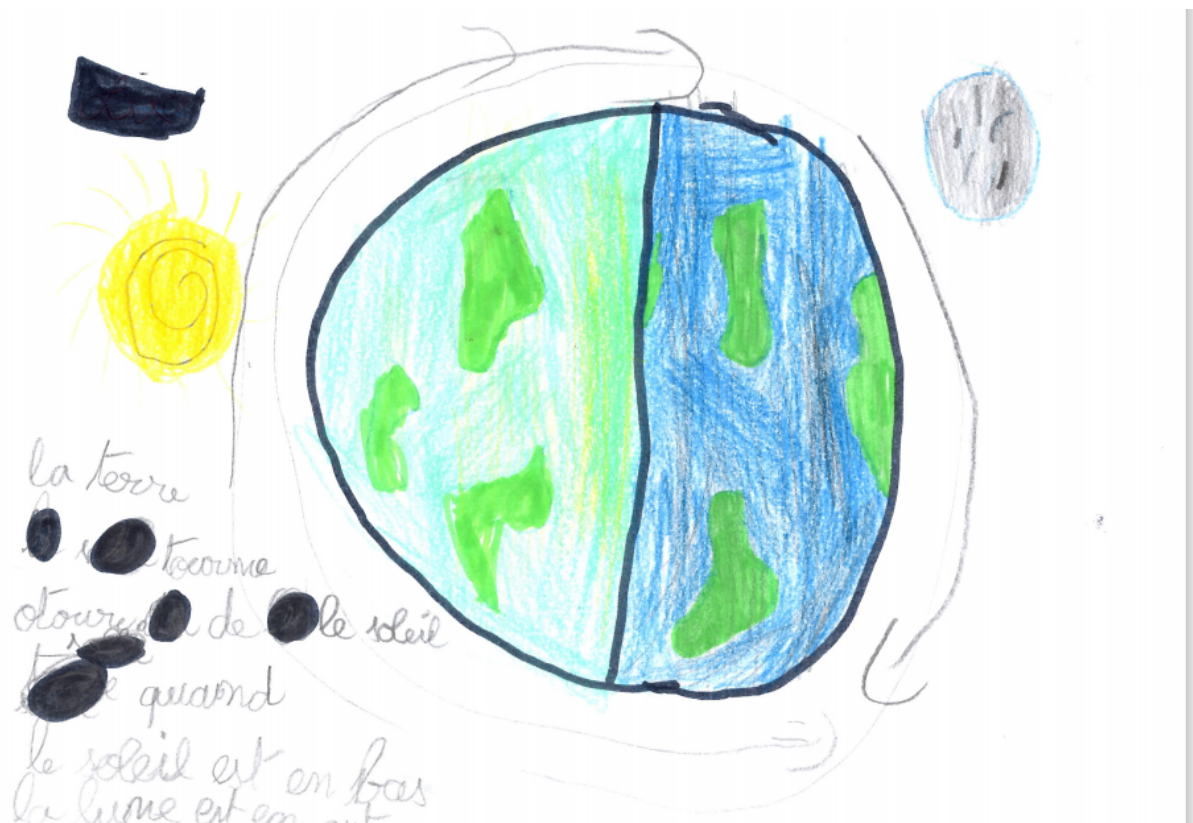
Annexe n°7 : Dessins de départ - conception animiste

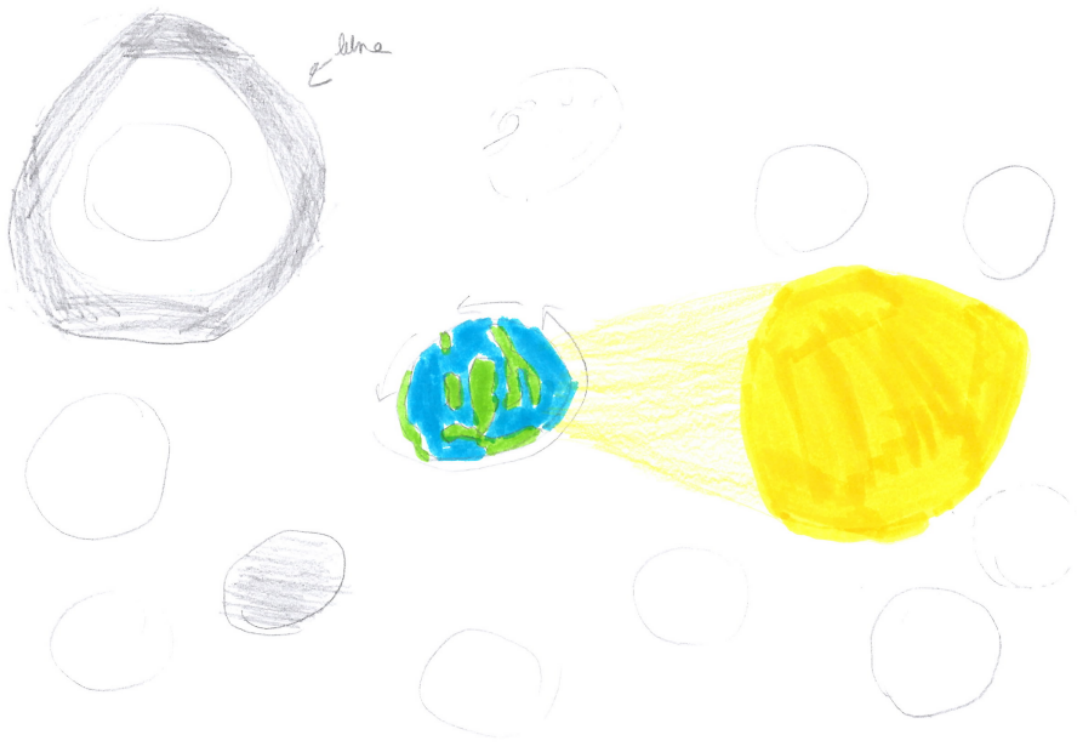


Annexe n°8 : Dessins de fin de séquence - Représentations justes



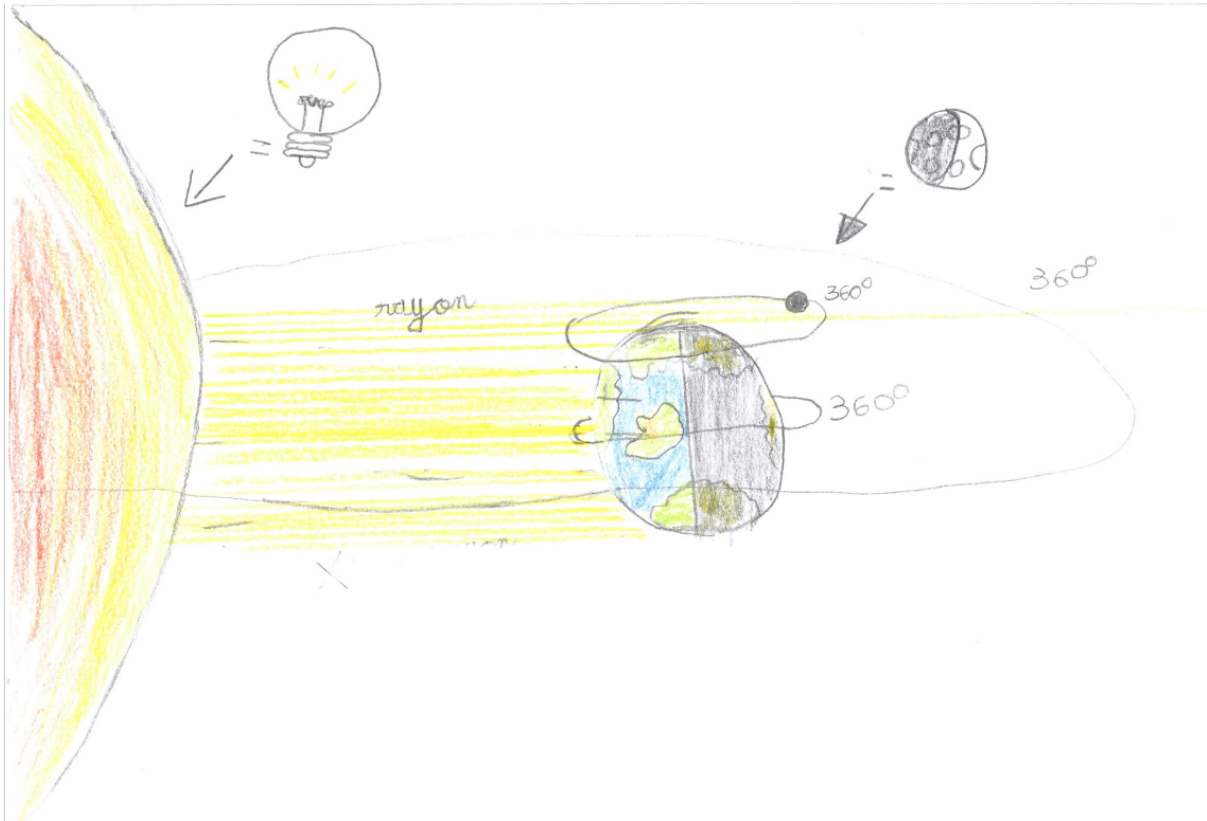
: la terre tourne sur elle même et le soleil
 ne tourne pas donc sa lumière
 toujours à même endroit.



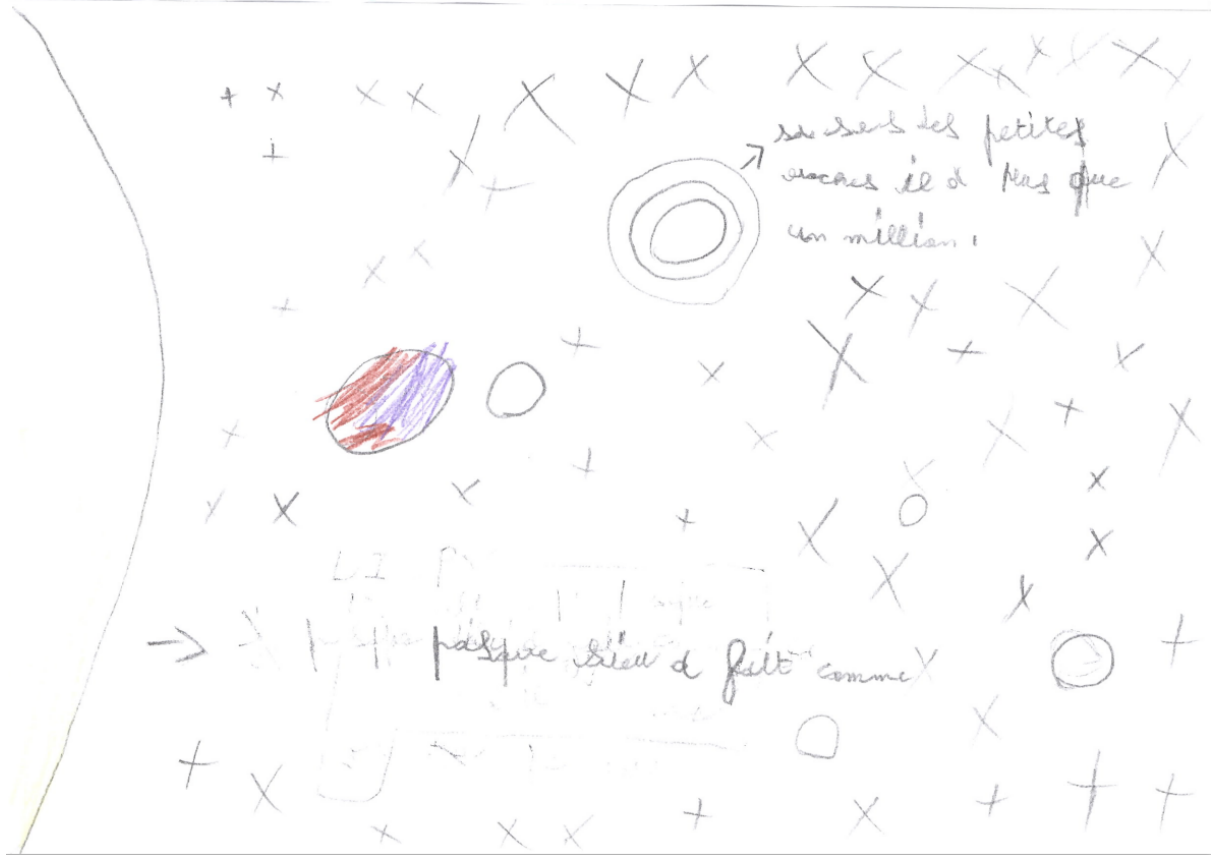




Annexe n°9 : Dessins de fin - Rotation de la Terre + révolution de la Terre autour du soleil



Annexe n°10 : Dessin de fin de séquence - conception théologique



Bibliographie

- Bécu-Robinault Karine, *Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : introduction expérimentale du concept de puissance*, 1997
- Beorchia F, Boilevin JM. *Enseignement scientifique et technologique dans l'enseignement obligatoire : finalités, contenus et formation des maîtres* (2009)
- Boivin-Delpieu G, 2015, *Condition d'avancée des savoirs déterminants de l'action professorale : Etude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3*. Lyon
- Boivin-Delpieu, 2020, *Comparaison de situations d'enseignement et d'étude des mouvements de la Terre avec des objets tangibles et des objets numériques au cycle 3*
- Boivin-Delpieu, G. (2015). Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3 (Thèse de doctorat). Université Lyon1.
- Cariou J-Y, *Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire*. RDST, 3 | 2011, 83-106.
- Coquidé, Fortin, Rumelhard. *L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites* (2009)
- Coquidé et Maréchal, *Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts*
- Coquidé M, Michèle Dell'Angelo, Stanislas Dorey, Corinne Fortin, Magali Gallezot, Sandrine Henocq, Faouzia Kalali, Jean-Marc Lange et Guy Rumelhard. *Espace et temps dans les sciences du vivant : nouvelles perspectives pour la recherche en didactique*. RDST, 4 | 2011, 139-160.
- De Gaudemar JP. *Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école* (2000)
- *Sciences à l'école*. Projet ministériel (2004)
- Drouin A-M. ,1988, *Le modèle en question*, Paris, Aster
- Giuseppin M. *Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques* (1996)
- Méheut M. *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. État des lieux des politiques et de la recherche*
- *Modéliser à l'école élémentaire*, 1988, Aster n°7
- Morge Ludovic, Doly Anne-Marie. *L'enseignement de notion de modèle : quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ?*. In: Spirale. Revue de recherches en éducation, n°52, 2013. L'enseignement intégré de science et de technologie (EIST) au collège : à la recherche d'un curriculum. pp. 149-175;

- Robardet et Guillaud (1997). *Eléments de didactique des sciences physiques*. Paris, FR : Presses Universitaires de France
- Rolando, *Astronomie à l'école élémentaire : quelques réflexions sur la construction des compétences...*
- Rolando, Jean-Michel, 2003, *L'astronomie à l'école. Construire des compétences et des savoirs au cycle 3*, Editions Delagrave
- Roy et Hasni, 2014, *Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec*.
- Soler Lena. Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Revue de recherches en éducation* n°52, 2013. L'enseignement intégré de science et de technologie (EIST) au collège : à la recherche d'un curriculum. pp. 177-214
- Thomas Adèle . *L'expérimentation en classe de sciences*. Education. 2012. ffdumas-00833262