Année universitaire 2017-2018

Diplôme universitaire *Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation*

Mention *Premier degré*

Apports de la modélisation dans l'évolution des conceptions initiales en astronomie

Présenté par Emilie SAPIN

Écrit scientifique réflexif encadré par Alix GERONIMI

Attestation de non-plagiat

Je soussigné(e) (Prénom NOM)

Emilie SAPIN

Auteur du mémoire de master 2 ou de l'écrit scientifique réflexif (MEEF-PE) / MEEF-SD / MEEF-EE / MEEF-PIF (entourez la mention et indiquez le titre du mémoire)

Apports de la modélisation dans l'évolution des conceptions initiales en astronomie

déclare sur l'honneur que ce mémoire est le fruit d'un travail personnel, que je n'ai ni contrefait, ni falsifié, ni copié tout ou partie de l'œuvre d'autrui afin de la faire passer pour mienne.

Toutes les sources d'information utilisées et les citations d'auteur ont été mentionnées conformément aux usages en vigueur.

Je suis conscient(e) que le fait de ne pas citer une source ou de ne pas la citer clairement et complètement est constitutif de plagiat, que le plagiat est considéré comme une faute grave au sein de l'Université, pouvant être sévèrement sanctionnée par la loi.

Fait à La Tour du Pin,
Le 14 mai 2018

Signature de l'étudiant(e)

Autorisation de diffusion électronique d'un écrit scientifique réflexif dans la base DUMAS[1]

Autorisation de l'étudiant(e)

Je soussigné(e) **Emilie SAPIN**
auteur et signataire de l'écrit scientifique réflexif, intitulé : **Apports de la modélisation dans l'évolution des conceptions initiales en astronomie**

agissant en l'absence de toute contrainte,

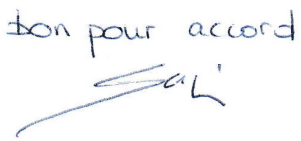
☒ **autorise** ☐ **n'autorise pas** [2]

le Service Interétablissement de Documentation de l'Université Grenoble Alpes-Grenoble INP à le diffuser, sans limitation de temps, sur la base DUMAS en texte intégral.

- Je certifie la conformité de la version électronique déposée avec l'exemplaire imprimé remis au jury.
- Je m'engage à signaler les documents pour lesquels je ne détiens pas les droits de reproduction et de représentation ou les autorisations afférentes. Ces documents devront être masqués ou retirés de la version diffusée sur la base DUMAS par les auteurs.
- La présente autorisation de diffusion n'a pas de caractère exclusif. L'auteur conserve par conséquent toutes les possibilités de cession de ses droits et de diffusion concomitante de son écrit.
- Je renonce à toute rémunération pour la diffusion effectuée dans les conditions précisées ci-dessus.
- Conformément à la loi « informatiques et libertés » du 6 janvier 1978, modifiée en 2004, je pourrai à tout moment modifier cette autorisation de diffusion par simple lettre ou courriel à la BUPE : membupe@univ-grenoble-alpes.fr

Fait à La Tour du Pin, le 14 mai 2018

Signature de l'étudiants(e),
Précédée de la mention « bon pour accord »



[1] La base DUMAS (Dépôt Universitaire des Mémoires Après Soutenance) est en accès libre à l'adresse : http://dumas.ccsd.cnrs.fr/
NB : le mémoire sera diffusé sur Dumas si la note obtenue pour l'écrit est supérieure ou égale à 16/20 et si l'auteur et le responsable de mémoire en donnent l'autorisation

[2] Entourer la mention choisie

Sommaire

1. Introduction. ……. 1

2. État de l'art. ……. 2

2.1. L'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire : considérations institutionnelles. ……...…….. 2

2.1.1. Quels sont les objectifs visés par les programmes ? ……..... 2

2.1.2. Quelle place pour la démarche d'investigation dans l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire ? …….. 3

2.2. L'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire : autres considérations. …….. 3

2.2.1. Pourquoi enseigner l'astronomie à l'école élémentaire ? …… 4

2.2.2. Quel est le rapport des élèves à l'enseignement de l'astronomie ? …… 5

2.2.3. Quels sont les obstacles à l'apprentissage ? ……. 6

2.3. La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire. ……. 7

2.3.1. Qu'est-ce qu'un modèle et pourquoi modéliser? …… 7

2.3.2. Quels sont les différents types de modèles utilisés en sciences ? …… 7

2.3.2.1. Les modèles symboliques. …….. 7

2.3.2.2. Les modèles physiques. …….. 8

2.3.3. La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie. …….. 8

3. Problématique. ……...…….. 9

4. Méthode. ……. 10

4.1. Contexte. ……..…… 10

4.2. Présentation du phénomène étudié et des objectifs d'apprentissage visés. ……..…….. 11

4.3. Déroulement de la séquence. ……..…… 11

4.3.1. Questionnement - Problématisation. ……..…… 11

4.3.2. Recueil des représentations initiales (évaluation diagnostique). ……..… 13

4.3.3. Analyse des hypothèses individuelles (grille d'analyse)…….….. 14

4.3.4. Formulation d'une hypothèse commune (travail en groupe). ……..… 14

4.3.5. Modélisation. …….. 17

4.3.5.1. Qu'est-ce qu'un modèle et à quoi va-t-il nous servir ? ……. 17

4.3.5.2. Construction d'un code commun : de la réalité vers le modèle. …….. 18

4.3.5.3. Mise à l'épreuve des hypothèses. ……..… 19

4.3.6. Synthèse. ……..…… 20

4.3.7. Du modèle vers la réalité (évaluation sommative). ……..…… 20

5. Résultats et analyses. …….. 21

5.1. Questionnement et Problématisation. …….. 21

5.2. Analyse des représentations initiales. ……. 21

5.2.1. La nature de la production demandée est-elle adaptée ? ……..……..…… 21

5.2.2. Quelles sont les représentations initiales des élèves de la classe. ……..….. 22

5.2.3. Comment évoluent les représentations initiales lors du travail en groupe ? …….. 23

5.2.4. La modélisation : la mise à l'épreuve de l'hypothèse commune. ……..…. 26

5.2.4.1. Construction d'un code commun : de la réalité vers le modèle. …….. 26

5.2.4.2. Mise à l'épreuve des hypothèses. …….. 28

5.2.5. L'évaluation sommative. ……..... 29

5.2.6. Limites et perspectives. …….. 32

6. Conclusion. ……... 34

7. Bibliographie. ……...…… 34

Apports de la modélisation dans l'évolution des conceptions initiales en astronomie

1. Introduction.

Ancienne chercheuse en Neurosciences, je possède une solide formation scientifique et j'ai un goût personnel prononcé pour les sciences expérimentales. Paradoxalement, et à ma grande surprise, les Sciences et technologie sont pour moi la discipline la plus difficile à enseigner du point de vue de l'expérimentation que je trouve à ce jour complexe à mettre en place dans ma classe de CM2. Cependant, je cherche à transmettre à mes élèves le plaisir de faire des sciences, de mener des expérimentations, le plaisir de construire des savoirs et savoir-faire pour expliquer des phénomènes.

Pour ces travaux, mon souhait était d'étudier l'évolution des représentations initiales et la démarche d'investigation. Parmi les thèmes abordés en Sciences et technologie au cycle 3, celui de la planète Terre suscite un grand intérêt chez les élèves et leurs conceptions initiales à ce sujet sont fortement ancrées et souvent erronées. J'ai ainsi choisi de mener une séquence portant sur la rotation de la Terre en lien avec la succession des jours et des nuits.

Conformément aux préconisations des programmes de 2015 pour le cycle 3, j'ai souhaité que l'expérimentation et la manipulation soient au centre de l'acquisition des connaissances et compétences visées. Cependant, en astronomie, toute expérimentation directe sur le réel est exclue en raison de la dimension et de l'éloignement des éléments du réel. Parmi les diverses façons d'aborder les questions d'astronomie (observation, recherche documentaire, film didactique…), mon choix s'est porté sur la modélisation car celle-ci est au cœur de l'activité scientifique et peut s'intégrer dans une démarche d'investigation.

Ainsi, mon analyse s'appuiera sur la question suivante : Comment la modélisation peut-elle faire évoluer les conceptions initiales des élèves sur les mouvements de la Terre au sein du système solaire ?

Dans un premier temps, j'inscrirai mon analyse dans un cadre théorique permettant de comprendre l'intérêt d'aborder l'astronomie à l'école élémentaire par une démarche d'investigation fondée sur les conceptions initiales des élèves. Cette recherche, nous conduira à comprendre l'intérêt de la modélisation dans l'enseignement de l'astronomie. Dans un second temps, j'exposerai le cadre expérimental de l'étude à travers la présentation du déroulement de la séquence. Enfin, je présenterai et analyserai les résultats de l'étude.

2. État de l'art.

2.1. L'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire : considérations institutionnelles.

L'étude des mouvements la planète Terre au sein du système solaire figure dans les programmes actuels du cycle 3. En effet, il est difficile d'aborder ce domaine avant le CM1 en raison du degré d'abstraction nécessaire.

2.1.1. Quels sont les objectifs visés par les programmes ?

L'enseignement des sciences et technologie, et ce dès l'école maternelle, vise une meilleure représentation et une meilleure compréhension de notre environnement, du monde dans lequel nous vivons.

La culture scientifique et technologique est une des sept compétences du socle commun de connaissance et de culture de 2015. A l'école primaire, cet enseignement a pour objectifs majeurs la structuration, la consolidation et l'acquisition de connaissances scientifiques ainsi que l'acquisition de moyens et stratégies à mettre en œuvre pour apprendre et résoudre des problèmes. Dans cet apprentissage, l'observation, le questionnement, l'expérimentation, l'argumentation et l'esprit de synthèse sont essentiels.

Au cycle 3, « La planète Terre » est l'un des quatre thèmes principaux de l'enseignement des Sciences et technologie. Ainsi, à la fin de la 6ème, l'élève doit être capable de situer la Terre dans le système solaire et de caractériser les conditions de la vie terrestre. Il doit pouvoir connaitre le Soleil et les planètes, la position de la Terre dans le système solaire, l'histoire de la Terre et du développement de la vie. Il doit également être en mesure de décrire les mouvements de la Terre, c'est-à-dire la rotation de la Terre qui engendre l'alternance jour-nuit et sa révolution autour du soleil, en lien avec l'inclinaison de son axe de rotation, qui détermine les durées du jour et de la nuit ainsi que les saisons. Notons que la description précise des mouvements est à rattacher à l'étude des mouvements dans le thème « Matière, mouvement, énergie, information ». Enfin, l'élève doit pouvoir symboliser l'espace et les astres à l'aide de représentations géométriques (cercle, sphère).

Les situations, les activités et les ressources mentionnées par les programmes sont variées. L'on pourra travailler à partir d'observations directes (constellations, éclipses, observation de Vénus et Jupiter…) et découvrir l'évolution des connaissances sur la Terre depuis l'Antiquité jusqu'à

nos jours, notamment sur la forme de la Terre, sa position dans l'univers, ses mouvements et son exploration par l'Homme. Enfin, et c'est le plus important nous concernant, les programmes proposent de travailler à partir d'observations et de démarches scientifiques variées telles que la modélisation et l'expérimentation (Programmes d'enseignement de 2015).

2.1.2. Quelle place pour la démarche d'investigation dans l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire ?

Les programmes pour le cycle 3 soulignent que la « construction des concepts scientifiques s'appuie sur une démarche, qui exige des observations, des expériences, des mesures, etc. ; la formulation d'hypothèses et leur mise à l'épreuve par des expériences, des essais ou des observations ; la construction progressive de modèles simples, permettant d'interpréter celles-ci ». C'est donc dans le cadre d'une démarche d'investigation, ou démarche scientifique, que les connaissances et les compétences visées en Sciences et technologie doivent être acquises.
Dans un document très complet, Françoise Drouard décrit les étapes de la démarche d'investigation sur lesquels l'enseignement des sciences peut s'appuyer (Drouard, 2008). En 2015, le socle commun de connaissances et de compétences énonce également les grandes étapes qui caractérisent la démarche d'investigation à l'école : observer, questionner, formuler une hypothèse, la valider, argumenter (Socle commun de connaissances, de compétences et de culture de 2015).
Dans la démarche d'investigation, les étapes de questionnement, d'observation et d'émission d'hypothèses sont tout à fait compatibles avec l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire. En revanche, les phases de manipulation et d'expérimentation ne seront pas possibles avec les éléments du réel en raison de leur éloignement et de leurs dimensions. Ainsi, nous ferons appel à la modélisation qui s'intègre parfaitement dans la démarche d'investigation (Drouard, 2008) et qui est au cœur des programmes de 2015. Cet aspect sera développé dans le paragraphe 2.3. .

Enseigner des éléments d'astronomie à l'école élémentaire fait donc partie intégrante des instructions officielles. Les programmes de 2015 préconisent la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences à l'école et celle-ci s'adapte parfaitement à l'enseignement de l'astronomie. Si les caractéristiques de l'astronomie et les recommandations institutionnelles orientent notre façon d'aborder l'astronomie en classe, d'autres aspects de l'astronomie sont à prendre en compte pour son enseignement.

2.2. L’enseignement de l’astronomie à l’école élémentaire : autres considérations.

2.2.1. Pourquoi enseigner l’astronomie à l’école élémentaire ?

Les raisons d’enseigner l’astronomie à l’école élémentaire sont nombreuses.
Il s’agit, avec l’astronomie, de comprendre les éléments qui constituent notre environnement. Les programmes de 2015 traduisent une volonté d’éduquer les élèves de l’école élémentaire à la connaissance de leur milieu de vie. L’astronomie, au même titre que les mathématiques ou la langue est un outil pour connaître le monde.
L’astronomie peut être considérée comme une activité nécessitant du matériel d’observation (télescope) et comme une activité essentiellement nocturne Or, les enfants ne sont présents à l’école que durant la journée. Ces contraintes peuvent donc sembler constituer un obstacle à l’étude de l’astronomie en milieu scolaire. Cependant, l’école élémentaire est sans doute la meilleure opportunité pour la pratiquer car les phénomènes observables pouvant servir de support à la compréhension du cycle jour-nuit ou des phases de la Lune ne nécessitent aucun matériel particulier. Et on peut faire de l’astronomie en plein jour. L’astronomie à l’école peut également permettre des activités longues réparties tout au cours d’une année scolaire telles que des mesures et des observations répétées des phases de Lune et de la position du Soleil dans le ciel. Ce type d’activité est d’ailleurs en faveur d’une meilleure compréhension des mouvements de la Terre et de la Lune.
La particularité de l'astronomie réside dans son caractère interdisciplinaire. Elle peut faire aborder des problèmes d'histoire, de mathématiques, de géométrie et d'environnement, donnant ainsi du sens aux autres apprentissages disciplinaires. C’est aussi un enseignement qui se prête particulièrement au travail en groupe, propice à l’émergence de questionnements, l’émission d’hypothèses et à l’argumentation. Les compétences langagières et de travail en groupe sont donc également sollicitées par la pratique de l’astronomie en milieu scolaire. Ainsi, pour le professeur des écoles polyvalent, l’astronomie est un domaine qui permet d'engager les élèves dans des projets pluridisciplinaires.
De par son ancrage historique fort, l’astronomie permet également de montrer aux élèves qu’en sciences, les théories s’enrichissent et évoluent au fil des découvertes. En effet, les connaissances actuelles sur le système solaire sont le fruit d’un cheminement de plusieurs siècles. Les élèves peuvent ainsi comprendre que d’autres avant eux se sont confrontés aux mêmes difficultés qu’ils rencontrent aujourd’hui.

De plus, comme nous l'expliciterons plus en détail ci-dessous, les enfants ont un attrait important pour l'astronomie. Faire de l'astronomie peut donc générer une motivation chez les élèves dans la pratique d'activités scientifiques.

Nous terminerons sur un aspect important, surtout dans le contexte actuel où les théories complotistes gagnent du terrain. L'astronomie à l'école peut être un moyen d'apprendre à faire la différence entre la magie et la science, à repérer une preuve et à séparer le vrai du faux. Elle peut être un outil pour comprendre ce qu'est une croyance et ce qu'est une connaissance au travers de phénomènes simples et observables. L'astronomie peut être un moyen d'exercer les élèves à observer, se questionner, faire des hypothèses, les vérifier, expérimenter, mesurer, prouver et douter. En d'autres termes d'exercer les élèves à la démarche d'investigation. Elle peut donc être un levier pour former des citoyens à l'esprit critique capables de lutter contre l'irrationnel.

2.2.2. Quel est le rapport des élèves à l'enseignement de l'astronomie ?

L'astronomie est une des sciences les plus anciennes. A travers les âges, les civilisations ont cherché à comprendre les phénomènes célestes afin de répondre à des impératifs religieux, économiques et politiques.

Aujourd'hui encore, adultes et élèves de tous âges éprouvent un fort attrait pour l'astronomie. Celle-ci s'adresse à tous car elle provoque l'imagination en raison de l'origine, la méconnaissance, l'inaccessibilité et l'immensité de l'espace et des astres. C'est un monde fascinant et sans limite. Un monde magique et plein de mystères qui offre des spectacles extraordinaires. La médiatisation des découvertes récentes et l'exploration de l'espace par l'Homme contribuent à cet attrait des enfants pour l'astronomie. De plus, elle renvoie à des questions métaphysiques liées à l'origine et la place de l'Homme dans l'univers (Merle et Girault, 2003).

L'attrait des élèves pour l'astronomie est essentiellement lié à leur curiosité et non à leur désir de comprendre comment ça marche. Leurs questions portent sur l'univers tel qu'ils l'observent et non sur comment il fonctionne (Laisne, 2000). Ainsi, chez les élèves, un fort intérêt et des connaissances poussées sur des domaines très pointus de l'astronomie tels que le bigbang, les trous noirs ou encore les ceintures d'astéroïdes peuvent parfois cohabiter avec une très grande ignorance ou des confusions concernant des phénomènes beaucoup plus abordables (géocentrisme, confusion étoile-planète, confusion nuit et éclipse solaire).

2.2.3. Quels sont les obstacles à l'apprentissage ?

Les principaux obstacles à l'apprentissage viennent des phénomènes astronomiques observables, du langage courant que nous utilisons pour en faire état et de la façon dont nous les représentons.

Les élèves peuvent éprouver des difficultés à se représenter l'intégralité du système solaire. En effet, il s'agit d'éléments non visibles à l'œil nu pour la plupart et si l'on prend l'exemple de la Lune et des étoiles, elles sont visibles principalement durant la nuit. En raison de son mouvement apparent, le Soleil peut quant à lui être perçu comme un astre mobile et favoriser chez les élèves le développement d'un modèle explicatif géocentrique. Un autre point peut également faire obstacles aux apprentissages dans le domaine de l'astronomie. Il s'agit de la forme sphérique de la Terre. Nous vivons en effet sur une Terre que nous percevons comme plate. Les repères de haut et de bas n'ont plus la même signification lorsque l'on pense à la Terre en astronomie. Dans cette Terre sphérique, le bas est au centre et le haut tout autour (Rolando, 2003).

Cela est renforcé par le langage courant, les expressions que nous utilisons pour évoquer des éléments d'astronomie. Par exemple, on a coutume de dire que le soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest ce qui peut favoriser l'impression que le Soleil se déplace dans l'espace, d'est en ouest, au cours de la journée.

Ajoutons également que la façon dont le système solaire est généralement représenté est basée sur des conventions qui ne correspondent pas à la réalité. Les images en deux dimensions ne favorisent pas la perception d'une Terre sphérique et les distances entre les planètes et le soleil ne sont pas proportionnelles ce qui ne permet pas d'avoir consciences des immenses espaces de vide qui séparent les différentes planètes. L'image mentale que l'on peut alors se faire du système solaire risque d'être l'image d'une image et non une image du réel. Il existe également un fort ancrage de la dualité entre le Soleil et la Lune. Le soleil apparait comme l'objet céleste représentant la journée et la Lune comme celui représentant la nuit. Les élèves et même les adultes pourront donc éprouver des difficultés à exclure la Lune de l'explication de la succession des jours et des nuits.

2.3. La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire.

2.3.1. Qu'est-ce qu'un modèle et pourquoi modéliser?

En sciences, selon Robardet et Guillaud (1997), un modèle est un outil rationnel construit au moyen de langage en vue de permettre l'étude d'une réalité empirique locale parfaitement circonscrite à un ensemble de phénomènes déterminés.
Un modèle est donc une représentation simplifiée de la réalité d'un phénomène. Cette représentation se substitue provisoirement à la complexité de la réalité pour permettre de résoudre des problèmes, d'élaborer des théories, interpréter et prévoir des évènements relatifs au phénomène étudié. C'est un outil intermédiaire entre les phénomènes et l'interprétation que la science en donne. Il représente et fait fonctionner la ou les théories auxquelles il est lié.

Roy et Hasni (2014) ont dégagé quatre principaux attributs caractéristiques d'un modèle.

- Un modèle est une représentation simplifiée d'une entité du monde réel.
- Différents modèles peuvent représenter un même référent et un même modèle peut représenter plusieurs référents. Nous ajouterons ici que des modèles concomitants ne sont pas forcément concurrents mais peuvent être complémentaires.
- Un modèle est un objet intermédiaire entre la théorie et le phénomène dont la fonction est de représenter, d'expliquer et de prédire.
- Un modèle est assujetti à des révisions.

2.3.2. Quels sont les différents types de modèles utilisés en sciences ?

Dans l'ouvrage « Éléments de didactique des sciences physiques : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané » (1997), Robardet et Guillaud font état de deux grands types de modèles : les modèles symboliques et les modèles physiques.

2.3.2.1. Les modèles symboliques.

Les modèles symboliques, abondamment utilisés en sciences, utilisent un langage abstrait pour traduire la réalité. Ils permettent la représentation de phénomènes à l'aide de lois, de courbes, de diagrammes, de constructions géométriques ou d'équations numériques.

2.3.2.2. Les modèles physiques.

Les modèles physiques sont ceux que nous utiliserons pour notre étude. Il s'agit de représentations de phénomènes dans lesquelles des objets concrets rendent les énoncés de la science accessibles à l'intuition ou la pensée.

On retrouve dans cette catégorie de modèles, les maquettes, les modèles réduits et les modèles analogiques Nous citerons pour exemple, les maquettes utilisées en astronomie pour comprendre le mouvement des planètes ou bien les modèles analogiques (électrique ou hydraulique) de l'ensemble cœur-vaisseaux utilisés pour comprendre le fonctionnement du système cardiovasculaire.

2.3.3. La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie.

Comme énoncé plus haut, contrairement à de nombreux autres domaines des sciences, les objets abordés dans l'astronomie ne sont pas manipulables en raison de leur dimension et leur éloignement. Ainsi, dans « L'enseignement de l'astronomie », Hélène Merle et Yves Girault décrivent l'astronomie comme « la science de l'observation par excellence ». Dans cet article, les auteurs décrivent la méthodologie d'étude en astronomie, basée sur « l'observation et la modélisation », les astronomes comme les astrophysiciens se contentant « presque exclusivement d'observer, d'échafauder des modèles, d'en déduire des effets observables et de retourner les chercher dans le ciel » (Merle et Guillault, 2003).

Dans son article « Modélisation et astronomie », Marie-Anne Pierrard parle de l'astronomie comme d'un « domaine privilégié pour la modélisation » (Pierrard, 1988). L'auteure décrit les caractéristiques du modèle type en astronomie à l'école élémentaire pour expliquer la succession des jours et des nuits. Ce modèle doit être explicitement présenté comme tel aux élèves. Il permet un changement d'échelle et permet à l'élève de se décentrer, de ne plus être posé sur Terre mais d'observer le système de l'extérieur. De plus il existe des relations topologiques et physiques entre les éléments du modèle et ceux du réel qu'ils représentent : les astres sont représentés par des éléments sphériques et le Soleil par une source lumineuse. L'analogie entre le modèle et la réalité doit être réversible. L'élève doit en effet pouvoir aisément passer de la réalité vers le modèle puis du modèle vers la réalité « pour concevoir et admettre l'utilisation de la maquette d'une part » et « pour étendre les conclusions tirées de l'observation de la maquette au système Terre-Soleil d'autre part ».

Dans son article intitulé « Astronomie à l'école élémentaire : quelques réflexions sur la construction des compétences », Jean-Michel Rolando décrit une méthodologie de modélisation

répondant à tous ces critères (Rolando, 2004) et c'est sur cette méthodologie, à guidage important, que je prendrai appui pour la séquence menée en classe sur la succession des jours et des nuits. Dans ce modèle, les élèves reproduisent les phénomènes observables (successions des jours et des nuits sur Terre) à l'aide d'une lampe de poche représentant le Soleil, d'une boule de polystyrène représentant la Terre et d'une punaise représentant une position géographique précise (Rolando, 2004).

D'autres modèles ne répondant pas totalement à cette description du modèle en astronomie existent.
Les modèles réduits représentant les planètes du système solaire en prenant en compte les dimensions respectives des planètes ou leur éloignement du Soleil représentent une forme de modélisation utilisée à l'école élémentaire. En plus d'aider à situer la Terre et les planètes dans le système solaire, cette modélisation permet notamment de donner du sens à des notions mathématiques de grandeurs et mesures. Une des limites de ces modèles réduits est que l'aspect artistique peut se retrouver privilégié.
Les modélisations corporelles ou les élèves jouent le rôle des astres (élève seul, ou plusieurs élèves formant une ronde, effectuant une rotation devant un autre élève) (Rolando, 2003 et 2004). Ils ne sont pas utilisés comme des modèles réduits. L'élève ne se décentre pas, mais ces modèles constituent pour l'élève un outil pour réfléchir.

3. Problématique.

De par ma formation de chercheuse et mes lectures, l'importance et l'intérêt de faire émerger les représentations initiales des élèves et de travailler selon la démarche d'investigation en classe m'apparaissent comme évidents. Cependant, ma difficulté à créer des séquences contenant une réelle phase d'expérimentation et de mise à l'épreuve des hypothèses est très frustrante pour moi et j'ai vu dans cet écrit réflexif l'opportunité de travailler à améliorer ce point. J'ai programmé une séquence en astronomie pour ma classe de CM2 et me suis questionnée sur la démarche d'investigation dans cette séquence. Après différentes recherches, j'ai opté pour la modélisation.
De cette réflexion, se dégage la problématique suivante : Comment la modélisation peut-elle faire évoluer les conceptions initiales des élèves sur les mouvements de la Terre au sein du système solaire ?

L’analyse portera sur plusieurs axes : Le recueil et l’analyse des représentations initiales des élèves concernant l’origine de la succession des jours et des nuits, la méthodologie de modélisation, son intégration à la démarche d’investigation et l’évolution des représentations initiales vers le savoir scientifique.

4. Méthode.

4.1. Contexte.

Je suis professeure des écoles stagiaire dans une école élémentaire en milieu semi-rural. La ville compte deux autres écoles primaires. Mon école est excentrée du centre-ville et accueille 196 élèves dont plus de la moitié est issue de catégories socioprofessionnelles défavorisées. L’hétérogénéité des élèves y est grande que ce soit en termes de maturité, de motivation ou de culture.
Un décloisonnement a été mis en place pour les Sciences et technologie. Il concerne ma classe de CM1/CM2 et celle d’une autre enseignante. La séquence menée pour cet écrit réflexif s’est donc déroulée dans une classe composée de 27 élèves de CM2 : 13 élèves issus de ma classe habituelle et 14 élèves issus de l’autre classe. Ces élèves sont habitués à travailler ensemble car certains étaient dans la même classe l’année précédente et un autre décloisonnement a été mis en place pour les enseignements d’Histoire et de Géographie. Dans cette classe, lors du travail en groupe, le climat est très bruyant mais serein. Les élèves n’ont majoritairement pas peur de prendre la parole, ils n’ont pas peur de se tromper. Il n’y jamais de moquerie. Il y a une excellente participation orale. Cependant, plusieurs de ces élèves de CM2 sont en difficulté scolaire et parmi ceux-ci certains s’expriment peu.
L’année précédente, ils ont bénéficié d’un enseignement portant sur les ombres et d’un enseignement portant sur les éléments du système solaire (étoiles, planète et Lune). Ces élèves sont peu habitués à l’expérimentation et la manipulation.

La séquence a été mise en place fin Janvier 2018. Six séances ont été consacrées à l’étude de la rotation de la Terre sur elle-même et l’étude de la révolution de la Terre autour du Soleil est actuellement en cours.

4.2. Présentation du phénomène étudié et des objectifs d'apprentissage visés.

Au cours de cette séquence, les élèves vont étudier la cause de la succession des jours et des nuits. Il s'agira ici d'amener les élèves à comprendre que les jours et les nuits alternent en un même endroit de la Terre en raison de la rotation de la Terre sur elle-même autour de l'axe des pôles, devant le Soleil.
Au cours de la rotation de la Terre, lorsque un lieu donné passe dans la zone de l'espace éclairée par le Soleil, il y fait jour. Lorsque ce lieu passe dans la zone d'ombre de la Terre, il y fait nuit. La Terre réalise une rotation sur elle-même complète en 24 heures, ce qui génère la succession du jour et de la nuit pendant 24 heures.

4.3. Déroulement de la séquence.

Comme mentionné, dans la partie 2.1.2, j'ai construit la séquence portant sur la succession des jours et des nuits autour de la démarche d'investigation et y ai intégré une étape de modélisation. La séquence débute par un questionnement menant à une problématisation. Une évaluation diagnostique permet le recueil des représentations initiales qui constituent les premières hypothèses des élèves. Un travail en groupe permet une première évolution des représentations initiales avec l'émission d'une hypothèse commune qui sera mise à l'épreuve à l'aide d'une modélisation. Les élèves sont ensuite amenés à conclure et sont évalués pour mesurer l'évolution de leurs conceptions initiales vers les objectifs d'apprentissage visés (Figure 1).

4.3.1. Questionnement - Problématisation.

Afin d'induire un questionnement chez les élèves et les enrôler, j'ai choisi de projeter au tableau deux photographies accolées d'un paysage de Paris, identifiable grâce à la Tour Eiffel. Une photographie illustre Paris en journée et l'autre Paris la nuit. J'ai volontairement sélectionné des images où le soleil, la Lune et les étoiles ne figurent pas afin de ne pas favoriser l'assimilation du Soleil au jour et de la Lune et des étoiles à la nuit (Figure 2).
J'ai ensuite invité les élèves à décrire oralement ce qu'ils voyaient en les aidant à être précis dans leurs explications. Ils ont ainsi pu exprimer le fait qu'il s'agissait exactement du même endroit de Paris durant la journée et durant la nuit. Puis j'ai posé la question suivante : « *Vous ne vous êtes jamais demandé comment le jour et la nuit pouvaient se succéder ? Qu'est-ce qui fait qu'il y a le jour puis la nuit, puis le jour puis la nuit… Qu'est-ce qui cause cette succession*

des jours et des nuits ? ». J'ai annoncé que c'était le problème qu'ils allaient devoir résoudre en essayant d'expliquer comment les jours et les nuits se succèdent. J'ai ensuite expliqué aux élèves que chacun pourrait émettre une hypothèse, une idée, une explication pour expliquer le mécanisme de la succession des jours et des nuits. J'ai précisé qu'ils devaient, pour le moment, la garder pour eux pour ne pas s'influencer et qu'ils pourraient ensuite la partager

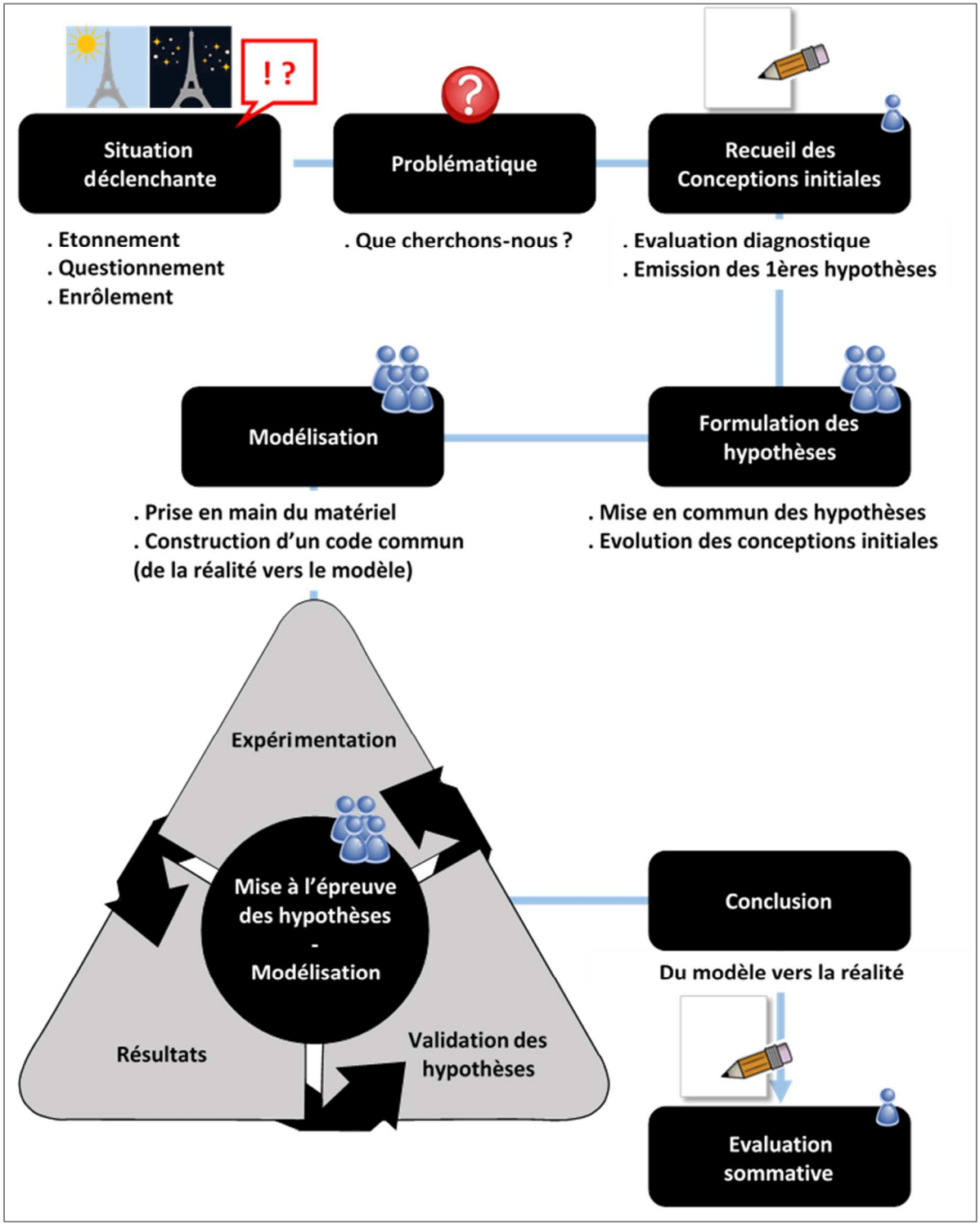


Figure 1 : Chronogramme mettant en évidence les étapes successive de la séquence d'enseignement portant sur la succession des jours et des nuits.

Figure 2 : Photographies illustrant Paris en journée (à gauche) et Paris la nuit (à droite).

4.3.2. Recueil des représentations initiales (évaluation diagnostique).

J'ai donc choisi de recueillir les représentations des élèves en début de séquence sur la succession des jours et des nuits, après la problématisation, afin de cerner leurs besoins d'apprentissage, d'anticiper les obstacles aux apprentissages et d'organiser ensuite les groupes de travail pour les séances ultérieures. Ce recueil des représentations initiales a constitué une phase d'émission des premières hypothèses individuelles, sans mise en débat.

J'ai ainsi réalisé un recueil de données composé d'une seule question ouverte et individuelle laissant la possibilité aux élèves de s'exprimer sans être influencés par des réponses proposées par l'enseignant ou d'autres élèves ou encore par un choix binaire oui-non. Pour élaborer cette question, j'ai consulté différents sites, mémoires, ouvrages ou articles sur les conceptions initiales en astronomie et ai retenu la méthodologie décrite dans l'article de Jean-Luc Fouquet (2009). Celle-ci consiste à proposer aux élèves de faire un dessin : « A l'aide d'un crayon de papier et de crayons de couleur, sans écrire un mot, faire un dessin (ou plusieurs) qui explique(nt) la succession du jour et de la nuit pendant 24 heures. Tu peux écrire un court texte explicatif sur la feuille agrafée si tu le souhaites ». Cette question était inscrite sur leur feuille individuelle et pour que la question soit comprise par tous les élèves, je l'ai lue plusieurs fois à l'oral et reformulée. J'ai également répondu aux questions d'ordre matériel. Je souhaitais une méthode de recueil des conceptions qui ne pénalise pas les élèves en difficulté avec l'écrit tout en leur laissant la possibilité de préciser leur pensée par un texte. Les élèves disposaient de 30 minutes pour réaliser la tâche.

4.3.3. Analyse des hypothèses individuelles (grille d'analyse).

J'ai ensuite analysé les hypothèses individuelles selon une grille que j'ai construite (Tableau 1). Cette grille d'analyse répertorie les éléments constitutifs des hypothèses avancées par tous les élèves de la classe pour expliquer la succession des jours et des nuits. Si les éléments figurant dans cette grille étaient présent dans le dessin ou l'explication écrite, la case a été cochée. Pour une meilleure compréhension de l'utilisation de cette grille d'analyse, nous fournirons un exemple d'analyse de trois productions d'élèves (Figures 3 à 5 et Tableau 1).

4.3.4. Formulation d'une hypothèse commune (travail en groupe).

Afin de faire évoluer une première fois leurs représentations initiales, les élèves ont été répartis en sept groupes (Tableau 2) de façon à ce qu'ils n'aient pas tous les mêmes éléments d'explication concernant la succession des jours et des nuits. J'ai aussi pris en compte leur degré habituel de prise de parole et leur capacité à travailler ensemble afin que les échanges soient constructifs et sereins et que les représentations initiales puissent commencer à évoluer. L'objectif, ici, était la mise en débat des hypothèses individuelles pour dégager des éléments contradictoires qui pourraient faire évoluer les représentations initiales.
Sur feuille, les groupes devaient se mettre d'accord pour répondre à la question suivante : « Quelle hypothèse permet d'expliquer la succession des jours et des nuits ? ».

J'ai ensuite analysé ces hypothèses de groupes à l'aide de la grille d'analyse présentée précédemment (Tableau 1) de façon à identifier l'évolution des représentations initiales et les obstacles à l'apprentissage persistants.

	Le modèle évoqué	**16**	**22**	**24**
	modèle héliocentrique (« la Terre tourne autour du Soleil » ou flèche/trajectoire représentant ce mouvement sur le dessin)	■	n.r.	n.r.
	modèle géocentrique (« le Soleil tourne autour du Soleil » ou flèche/trajectoire représentant ce mouvement sur le dessin)	□	n.r.	n.r.
	non renseigné	□	■	■

	Phénomène à l'origine de la succession des jours et des nuits	**16**	**22**	**24**
	rotation de la Terre sur elle-même (« la Terre tourne sur elle-même » ou flèche/trajectoire représentant ce mouvement sur le dessin)	■	□	□
	révolution de la Terre autour du soleil (« la Terre tourne autour du Soleil » ou flèche/trajectoire représentant ce mouvement sur le dessin)	■	□	□
	rotation de la lune autour de la Terre (« la Lune tourne autour de la Terre » ou flèche/trajectoire représentant ce mouvement sur le dessin)	□	□	□
	pensée magique "Tout tourne et voilà, ça fait la nuit"	□	□	□
	le soleil est responsable du jour	■	■	■
	la nuit est due à une absence de soleil	■	□	□

	Rôle donné à la Lune dans la succession des jours et des nuits	**16**	**22**	**24**
	la Lune est présente dans l'explication de la succession des jours et des nuits (la Lune est dessinée ou mentionnée dans les explications écrites)	■	■	■
	la nuit est assimilée à une éclipse solaire (la Lune est dessinée entre le Soleil et la Terre ou son rôle est de faire obstacle à la lumière du Soleil)	■	□	□
	la Lune projette la nuit (la Lune est dessinée du côté de la face sombre de la Terre ou son rôle est de « projeter » la nuit dans le texte)	□	■	□
	autre	□	□	■

	Nature de la zone sombre	**16**	**22**	**24**
	présence d'une zone sombre (non-éclairée)	□	□	■
	représentation erronée de la zone sombre (zone sombre du côté du Soleil ou uniquement localisée vers la Lune)	□	□	■
	bonne représentation de la zone d'ombre (zone sombre du côté opposé au Soleil sur la moitié de la Terre/Lune ou planète)	□	□	□
	zone sombre dans l'espace entre les planètes	□	□	□

Tableau 1 : Grille d'analyse répertoriant les éléments constitutifs des hypothèses des élèves pour expliquer la succession des jours et des nuits. Dans les trois colonnes de droites, figurent l'analyse de l'évaluation diagnostique des élèves 16 (16), 22 (22) et 24 (24) (n.r. : non renseigné)

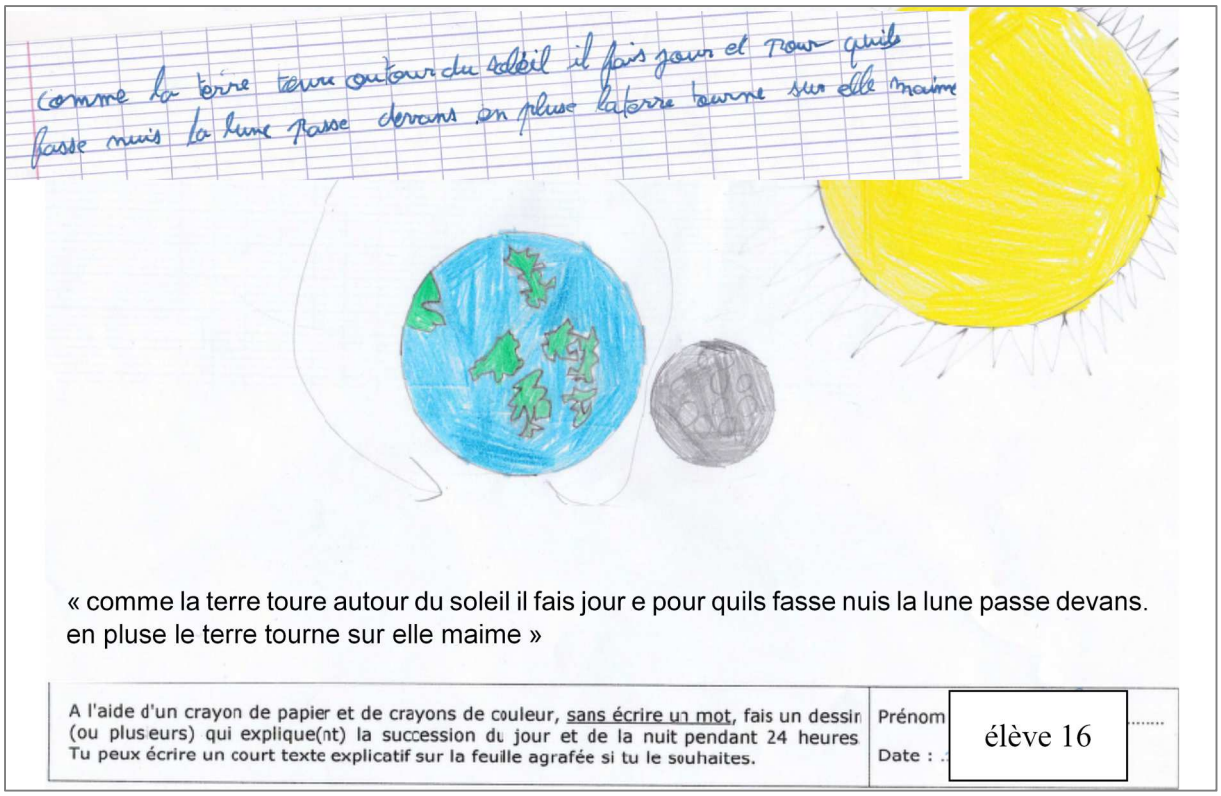


Figure 3 : Représentations initiales de l'élève 16. Le dessin indique la rotation de la Terre et la présence de la Lune comme éléments nécessaires à la succession des jours et des nuits. La Lune est placée entre le Soleil et la Terre et le texte explicatif mentionne le passage de la Lune devant le Soleil pour créer la nuit. Le texte mentionne également la révolution de la Terre autour du Soleil.

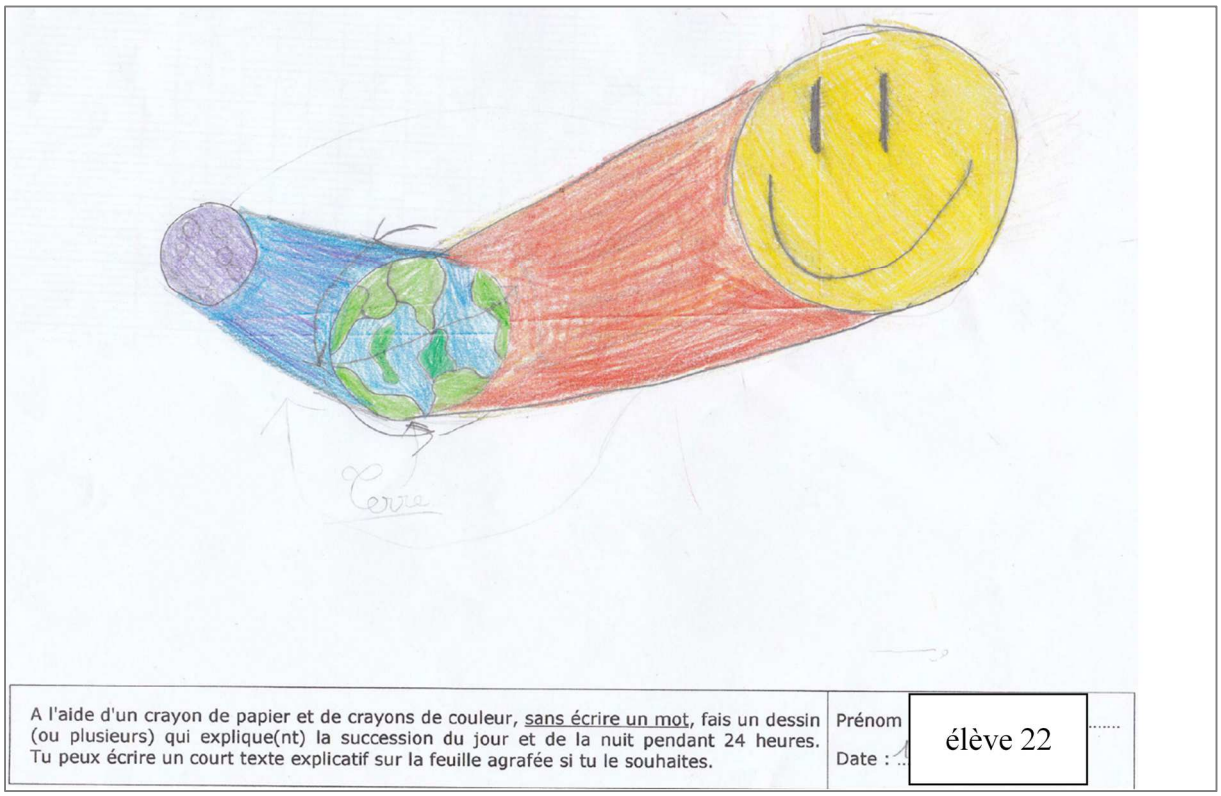


Figure 4 : Représentations initiales de l'élève 22. Le dessin indique la rotation de la Terre et la présence de la Lune comme éléments nécessaires à la succession des jours et des nuits. Le Soleil est responsable du jour en projetant la lumière sur une face de la Terre et la Lune est responsable de la nuit en projetant l'obscurité sur l'autre face de la Terre.

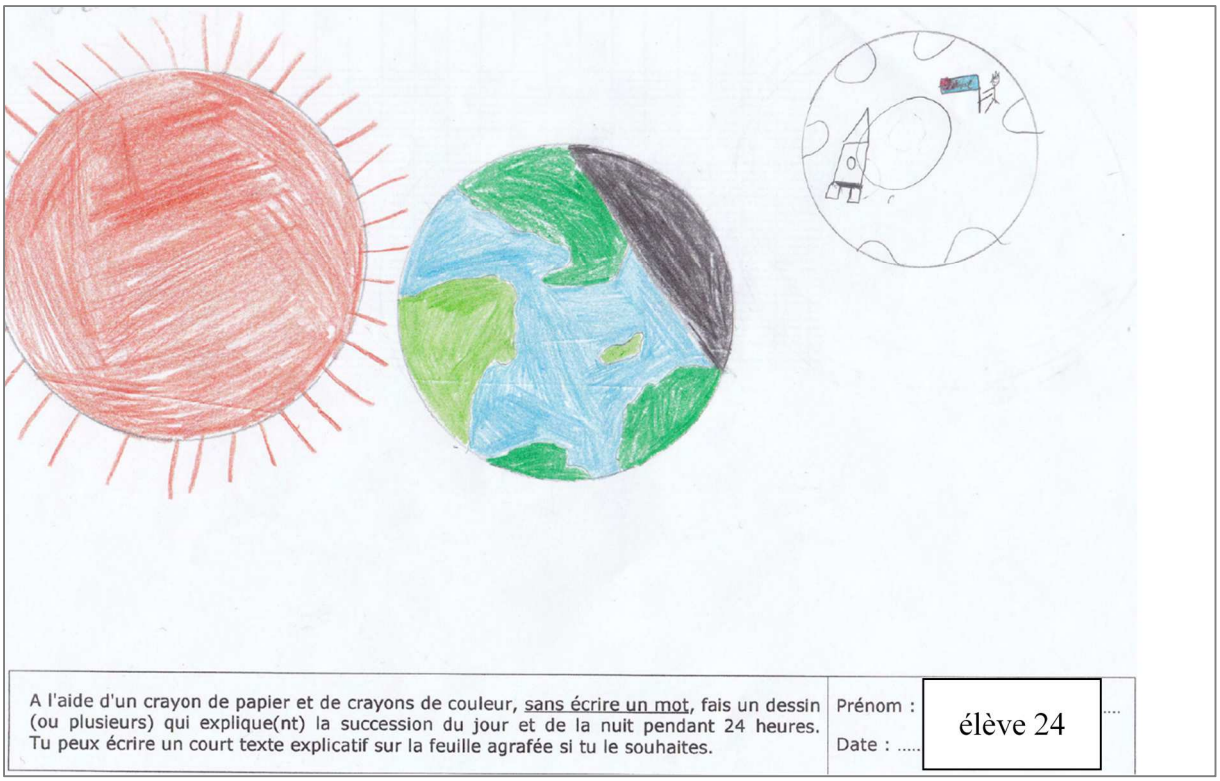


Figure 5 : Représentations initiales de l'élève 24. Le dessin indique le Soleil et la Lune comme éléments nécessaires à la succession des jours et des nuits. Le Soleil est responsable du jour et la Lune est du côté de la face sombre (représentant la nuit). Notons que cette représentation de la face sombre de la Terre est erronée puisqu'uniquement localisée vers la Lune.

Groupe 1 (G1)	**Groupe 2 (G2)**	**Groupe 3 (G3)**	**Groupe 4 (G4)**
élèves : 3, 18, 17 et 9	élèves : 21, 22, 23 et 20	élèves : 11, 25 et 26	élèves : 16, 7, 6 et 8
Groupe 5 (G5)	**Groupe 6 (G6)**	**Groupe 7 (G7)**	
élèves : 10, 13, 12 et 5	élèves : 19, 27, 4 et 14	élèves : 1, 2, 24 et 15	

Tableau 2 : Constitution des sept groupes de travail (G1 à G7) pour la mise en commun des hypothèses et la modélisation.

4.3.5. Modélisation.

4.3.5.1. Qu'est-ce qu'un modèle et à quoi va-t-il nous servir ?

J'ai ensuite expliqué aux élèves de la classe que chaque groupe allait construire un modèle, en accord avec leur hypothèse. Il a fallu définir ce qu'était un modèle. Je l'ai présenté comme une maquette utilisée pour représenter quelque chose de la réalité trop complexe pour être comprise. J'ai insisté sur le fait qu'un modèle ne représentait pas toutes les choses de la réalité mais seulement les éléments importants pour comprendre ou expliquer un phénomène. Ainsi, le

modèle leur servirait pour expliquer ce que le groupe pense et pour vérifier que ce qu'ils pensent est compatible avec la réalité (c'est-à-dire, les jours et les nuits qui se succèdent et ce qu'ils savent déjà ou pensent déjà savoir du système solaire).

4.3.5.2. Construction d'un code commun : de la réalité vers le modèle.

J'ai demandé aux élèves avec quoi ils pourraient représenter les éléments figurant dans leurs hypothèse (Terre, Lune, Soleil…). Devant la diversité des propositions (la Terre : une boule de pâte à modeler, un disque, une boule de papier d'aluminium, une boule qu'on peut peindre en bleue avec des tâches marrons et vertes… ; pour le Soleil : un ballon jaune, une grosse lampe ronde ; pour la Llune : une balle de golf, une petite balle de ping-pong… ; pour la nuit : un bout de tissu noir ; et des choses pour tenir les éléments et les faire tourner: des fils de fer, de la colle…) la nécessité d'un code commun pour la modélisation a émergé.
J'ai pour cela utilisé la méthodologie décrite par Jean-Michel Rolando (Rolando, 2003). Nous avons complété le tableau 3 collectivement pour guider les élèves dans leur réflexion et leur permettre de bien différencier les éléments du modèle et ceux de la réalité tout en établissement explicitement une correspondance entre les deux.

Notre modèle	Ce qu'il représente
Une lampe de poche	La Soleil
Une boule en polystyrène	La Terre
Une punaise rouge sur la boule	L'école

Tableau 3 : Tableau servant à guider les élèves lors de la modélisation et à établir des liens entre les éléments du modèle et ceux de la réalité

Les élèves ont souhaité ajouter une ligne au tableau pour la Lune qu'ils ont représenté avec une petite boule en polystyrène.
Puis, et dans le même objectif de rendre explicite la correspondance entre le modèle et la réalité observable, en groupe, les élèves ont complété le tableau 4. Les élèves n'ont pas émis le souhait de rajouter des lignes concernant la Lune.

Après correction collective, les tableaux 3 et 4 ont été conservés par les groupes et utilisés tout au long de la modélisation.

Ce qui peut se produire dans notre modèle	Ce que cela représente dans la réalité
La lampe éclaire la grosse boule de polystyrène.	Le Soleil éclaire la Terre.
Une partie de la grosse boule de polystyrène est dans la lumière de la lampe.	Une partie de la Terre est dans la lumière du Soleil.
Une partie de la grosse boule de polystyrène est dans l'ombre de la lampe.	Une partie de la Terre est dans la lumière du Soleil.
La punaise rouge est dans la lumière.	L'école est dans la lumière du Soleil. L'école est dans le jour.
La punaise rouge est dans l'ombre.	L'école est dans l'ombre. L'école est dans la nuit.

Tableau 4 : Tableau servant à guider les élèves lors de la modélisation et à établir des liens entre ce qui peut se produire dans le modèle et ce que cela représente dans la réalité.

4.3.5.3. Mise à l'épreuve des hypothèses.

Chaque groupe a pu prendre le matériel dont il avait besoin. Des allers-retours au stock de matériel étaient possibles. J'ai laissé du temps aux élèves pour prendre en main chaque élément du modèle et explorer leurs possibilités.

Puis les groupes ont dû modéliser leur hypothèse, observer le résultat de leur modélisation et discuter de la validité de leur hypothèse. J'ai circulé dans les groupes afin de poser des questions, faire verbaliser les démarches et faire revenir les élèves aux tableaux 3 et 4 lors cela était nécessaire. J'ai également fourni un objectif plus explicite aux groupes en difficulté : « Il faut que vous arriviez à créer le jour à l'école puis la nuit à l'école » en pointant du doigt la punaise rouge fixée sur la boule de polystyrène. J'ai encouragé les groupes qui avaient avancé une hypothèse géocentrique à la tester également même s'ils l'avaient rapidement abandonnée sous l'impulsion d'élèves à la théorie héliocentrique. Les élèves ont effectué des corrections, ajusté leur modèle en fonction de leurs observations en faisant donc évoluer leur hypothèse commune. Enfin, après avoir constaté que tous les groupes maintenaient la Lune dans le modèle, j'ai interagi avec chaque groupe en demandant aux élèves de me montrer ce qu'il se passe pour qu'il fasse jour à l'école puis pour qu'il fasse nuit à l'école. J'ai ensuite supprimé la boule de polystyrène représentant la Lune et leur ai demandé de me montrer la même chose afin qu'ils identifient le phénomène générant la succession des jours et des nuits (la rotation de la Terre sur elle-même devant le Soleil) et qu'ils déterminent le rôle joué par la Lune (aucun).

4.3.6. Synthèse

Nous avons effectué un bilan oral en classe entière. Les élèves ont rappelé les éléments du modèle et ce qu'ils représentaient dans la réalité. Des élèves ont réalisé une démonstration du modèle sous mon questionnement : « *Il fait jour à l'école. Maintenant montrez-moi comme la nuit arrive à l'école* ».

J'ai interrogé les élèves sur la place de la Lune dans la succession des jours et des nuits.

Nous avons également abordé la théorie géocentrique avec le modèle et la classe a observé que cette théorie était plausible. Ils ont confronté les résultats de leur expérimentation au savoir savant : « la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil » et ils ont conclu qu'en l'état actuel des connaissances sur le système solaire, cette théorie-là n'était, de nos jours, plus valide.

Afin de faciliter le retour au dessin (évaluation sommative), des élèves sont venus dessiner au tableau le schéma du modèle commun expliquant la succession des jours et des nuits. Ils avaient pour consigne de ne dessiner que le matériel de modélisation.

4.3.7. Du modèle vers la réalité (évaluation sommative)

Afin de mesurer l'évolution des conceptions initiales des élèves et l'efficacité de la séquence, j'ai demandé aux élèves de réaliser la même tâche que lors de l'évaluation diagnostique (cf partie 4.3.2.). J'ai proposé aux élèves de faire un dessin : « A l'aide d'un crayon de papier et de crayons de couleur, sans écrire un mot, faire un dessin (ou plusieurs) qui explique(nt) la succession du jour et de la nuit pendant 24 heures. Tu peux écrire un court texte explicatif sur la feuille agrafée si tu le souhaites ». De plus, chaque élève devait écrire ce qu'il pensait avant et ce qu'il sait maintenant à propos du phénomène responsable de la succession des jours et des nuits. Comme pour l'évaluation diagnostique, j'ai analysé les épreuves des élèves à l'aide de la grille d'analyse (Tableau 1).

5. Résultats et analyses.

5.1. Questionnement et Problématisation.

Lors de cette phase, j'ai pu constater l'attrait de la plupart de mes élèves pour ce thème, identique à celui décrit par Merle et Girault (2003). Certains, sûrs de détenir la « bonne explication », ont insisté pour l'exposer à la classe. Les élèves habituellement distraits ou dissipés lors de cette phase étaient attentifs. Cet attrait a permis un enrôlement de la plupart des élèves et un cheminement rapide vers la problématisation.

5.2. Analyse des représentations initiales.

5.2.1. La nature de la production demandée est-elle adaptée ?

La consigne était : « A l'aide d'un crayon de papier et de crayons de couleur, sans écrire un mot, faire un dessin (ou plusieurs) qui explique(nt) la succession du jour et de la nuit pendant 24 heures. Tu peux écrire un court texte explicatif sur la feuille agrafée si tu le souhaites ».
La mise au travail a été difficile pour certains élèves qui sont restés bloqués par la nature de ce qui leur était demandé. Ils ont en effet pensé qu'ils devaient produire quelque chose de beau alors que ce qui était attendu était de l'ordre du schéma explicatif. En revanche, j'ai constaté un grand investissement chez les élèves qui éprouvent habituellement de grosses difficultés à exprimer leurs idées avec l'écrit.
Au final, tous les élèves ont répondu à la question par un dessin. De plus, pour les élèves ayant précisé leur hypothèse par un court texte, celui-ci reflète l'idée retranscrite dans le dessin ou précise celle-ci en faisant intervenir des éléments qui ne figuraient pas sur le dessin, tel que les mouvements de la planète Terre (rotation ou révolution) ou le rôle joué par la Lune dans la nuit (rôle de projection de la nuit ou de masquage du Soleil) (Figure 3).

Comme le souligne Jean-Luc Fouquet (2009), le choix du type de production, le dessin, apparait donc pertinent. Ce mode d'expression, s'appuyant sur leur goût pour le dessin, a permis aux élèves de s'approprier un problème qui ne les concernait pas au départ. Il a en effet mobilisé l'ensemble des élèves, même si des explications supplémentaires pour préciser l'objectif explicatif et non esthétique de la production auraient été nécessaires lors du passage de la consigne. De plus, il permet aux élèves d'exprimer assez clairement leur hypothèse. Notons que chez certains élèves, l'hypothèse est plus précise lorsque le dessin est accompagné d'un écrit

court. Leur laisser la possibilité de s'exprimer selon une deuxième modalité parait donc approprié. Enfin, selon Halbwachs (1974), le dessin s'apparente à un modèle descriptif, copie simplifiée d'objets tels que nous les percevons. Un tel support a donc pu faciliter le processus de modélisation ultérieur.

5.2.2. Quelles sont les représentations initiales des élèves de la classe.

La totalité des dessins produits font intervenir la Terre et le Soleil dans la succession des jours et des nuits. Tous les élèves attribuent donc bien la succession du jour et de la nuit à un phénomène impliquant la relation Terre-Soleil.

Environ 60% des élèves font apparaitre le modèle héliocentrique dans leur dessin ou l'évoquent dans leur texte explicatif. Un peu moins de 10% des élèves font état d'un modèle géocentrique. Ces données sont en accord avec celle recueillies par Jean-Luc Fouquet qui observe ce phénomène dans 8% des épreuves (Fouquet, 2009). Pour 33% des élèves de la classe l'évocation d'un des deux modèles précédemment cités est omis ou n'apparait pas comme utile puisque qu'ils ne figurent dans leur dessin ou leur texte (Figure 6A et Annexe 1).

Trente-trois pourcents des élèves attribuent la succession des jours et des nuits à la rotation de la Terre sur elle-même. Quatre pourcents des élèves pensent que ce phénomène résulte de la révolution de la Terre autour du Soleil et 17% expliquent l'alternance jour-nuit par la combinaison de la rotation et de la révolution de la Terre. Douze pourcents des épreuves font intervenir la rotation et la révolution de la Terre ainsi que la révolution de la Lune autour de la Terre. Chez 17% des élèves, la succession des jours et des nuits résulte de la révolution de la Terre associée à celle de la Lune autour de la Terre. Enfin, 17% des élèves ne donnent aucune indication ou font état d'une pensée magique du type : « tout tourne et voilà, ça fait le jour et la nuit ! » (Figure 6B).

Tout comme Rolando (2003), nous observons que les mouvements de rotation et de révolution de la Terre sont connus par la quasi-totalité de nos élèves de CM2 sans pour autant qu'ils en maîtrisent toutes les conséquences sur les phénomènes observables. Ce sont probablement des phrases qu'ils ont apprises par cœur et qu'ils récitent au besoin. On constate que même s'ils connaissent et font état du modèle héliocentrique, ils ignorent ce que perçoit un observateur terrestre.

La Lune, avec ou sans évocation de son mouvement, est présente dans plus de 80% des épreuves (Figure 6C et Annexe 1). Si 50% des élèves attribuent un rôle imprécis à la Lune dans la

succession des jours et des nuits, 8% expliquent que la Lune génère la nuit en cachant la lumière du Soleil (éclipse solaire) (Figures 3 et 6D et Annexe 1) et 25% des élèves de la classe attribuent la nuit à une « obscurité » ou « lumière noire » projetée par la Lune (Figures 4 et 10D et Annexe 1).

Ainsi, même si la moitié de la classe ne lui attribue pas de rôle précis, la Lune comme astre indispensable à la nuit apparaît très fort ici. Cette conception initiale erronée cohabite avec des connaissances exactes puisque la presque totalité des élèves impliquant la rotation de la Terre sur elle-même dans l'alternance jour-nuit implique également la Lune. Cette épreuve a donc permis de mettre en évidence un obstacle à l'apprentissage majeur qu'il faudra prendre en compte pour la suite de la séquence. La forte représentation des élèves (un quart de la classe) pensant que la Lune projette l'obscurité sur la Terre, créant ainsi la nuit, m'a interpellée. Cette conception erronée apparait dans l'article de Fouquet (2009) sans que l'on sache dans quelle proportion. Enfin, on peut voir dans la confusion de la nuit avec une éclipse solaire une bonne connaissance de l'ombre mais une difficulté à percevoir l'incompatibilité d'une telle hypothèse avec les durées de rotation de la Terre et de révolution de la Lune.

Trente pourcents seulement des élèves ont représenté la nuit sur une face de la Terre à l'aide d'une zone sombre lors de l'évaluation diagnostique (Figure 6E et Annexe 1). Cette représentation s'avère erronée chez 8% des élèves de la classe chez qui la zone est sur la face de la Terre éclairée par le Soleil ou localisée uniquement vers la Lune (Figures 4 et 6F et Annexe 1). Douze pourcents des élèves de la classe représentent cette zone d'ombre de façon correcte, c'est-à-dire du côté de la Terre non éclairée par le Soleil. Notons que 8% des élèves semblent penser que la nuit résulte du fait que le rayonnement du Soleil n'est pas assez puissant pour atteindre l'autre face de la Terre. Ces élèves dessinent alors la nuit (zone plus sombre) dans l'espace entre les planètes (Figure 6E et Annexes 1 et 2).

Ainsi, certains élèves semblent avoir une mauvaise compréhension du phénomène ombre ce qui pourrait constituer un obstacle pour la suite de l'apprentissage.

5.2.3. Comment évoluent les représentations initiales lors du travail en groupe ?

Durant cette phase, chaque groupe devait répondre par écrit à la question suivante : « Quelle hypothèse permet d'expliquer la succession des jours et des nuits ? ».

J'ai constaté que les élèves prenaient les dessins individuels comme support pour échanger. Ils prenaient appui sur les dessins des élèves du groupe pour exprimer leurs conceptions et

confronter leurs idées. Ils montraient par exemple du doigt l'élément (la Terre, la Lune ou le Soleil) ou le phénomène (rotation ou révolution de la Terre, éclipse solaire ou projection de la nuit par la Lune) dont ils parlaient. Les élèves du groupe 2 ont même utilisé le dessin pour faire émerger une hypothèse commune avant de la traduire par écrit. Ceci m'a conforté dans l'idée que le dessin était un support adapté au recueil des représentations initiales des élèves et j'ai découvert qu'il pouvait aussi être un outil facilitant l'évolution de ces conceptions initiales.
Cette constatation est également rapportée par Jean-Luc Fouquet dans son enquête sur le jour et la nuit (Fouquet, 2009). L'auteur, qui a proposé à des milliers d'élèves la tâche que j'ai donnée aux miens lors du recueil des représentations initiales, explique en effet que « le dessin de l'un est facilement commenté par les autres » et que « les confrontations d'idées sont facilitées ».

Les hypothèses des sept groupes pour expliquer la succession des jours et des nuits sont rapportées ci-dessous. Leur analyse à l'aide de la grille d'analyse est également présentée dans le tableau de l'Annexe 1.
Selon le groupe 1 (G1) « *La partie de la terre qui est face au soleil, c'est le jour, et ce qui est face a la lune c'est la nuit.* ». J'ai demandé à ce groupe de préciser oralement le rôle de la Lune dans la genèse de la nuit et les élèves sont tombés d'accord sur le fait que c'est la Lune qui projette la nuit sur la Terre et que lors de la nuit, il n'y a pas de soleil. Dans ce groupe on peut remarquer l'abandon de la référence au modèle héliocentrique et aux mouvements de rotation et révolution de la Terre. Seuls persistent les éléments responsables du jour (le Soleil) et de la nuit (la Lune), la succession de ces deux phénomènes ayant été omise.
Pour le groupe 2 (G2), « *La terre tourne sur elle-même en même temps elle fait un grand tour autour du soleil. Il y a la lune d'un côté et le soleil de l'autre est la terre tourne sur elle-même voilà.* ». Chez ce groupe, les mouvements de la Terre prennent, au contraire du groupe 1, une grande importance. On constate d'ailleurs un glissement de l'hypothèse commune vers la pensée magique « tout tourne et voilà, ça fait le jour et la nuit ! ». Ce groupe a également mentionné le caractère indispensable de la Lune pour la genèse de la Lune. Même si les élèves non pas employé le terme de projection de la nuit, ils ont parlé d'une « Lune qui fait le noir ».
Le groupe 3 (G3) pense que « *Le jour se fait grace au soleil parce que une partit de la terre est éclairé par le soleil et l'autre côté il fait nuit et le soleil ne peut pas l'atteindre.* ». Dans ce groupe, les deux élèves, absents le jour du recueil des représentations initiales, ont adhéré à l'hypothèse de l'élève 11 et ont opté avec lui pour une exclusion de la Lune de l'origine de la nuit. Ainsi, dans l'hypothèse commune, aucune mention au modèle hélio-ou géocentrique n'est

faite. La nuit est attribuée au soleil, la nuit à l'absence de Soleil et la succession des jours et des nuits à la rotation de la Terre.

Comme pour le groupe 2, on retrouve chez le groupe 4 (G4) la forte implication des mouvements des astres dans la succession des jours et des nuits. Pour les élèves du groupe, « *C'est parce que la terre tourne autour du soleil et sur elle-même. La lune tourne autour de la terre.* ». Ils n'attribuent plus ni le jour au Soleil, ni la nuit à la Lune. L'hypothèse des élèves de ce groupe est très marquée par leurs connaissances encyclopédiques et n'explique en rien le phénomène de jour ou de nuit et leur alternance.

Les élèves du groupe 5 (G5) attribuent le jour au Soleil et la nuit la Lune, la succession de ces deux états étant due à la rotation de la Terre sur elle-même. Deux élèves du groupe ont exclu la révolution de la terre et la rotation de la Lune autour de la Terre de leur hypothèse initiale. Pour ce groupe aussi, la Lune projette la nuit devant elle : *« La terre tourn donc le soleil et la lune project devant eux.* »

Pour le groupe 6 (G6), « *La terre tourne sur elle-même et la lune et le soleil tourne otoure de la terre et ducou sa change.*». Ce groupe a adopté la théorie du modèle géocentrique de l'élève 14. Les élèves impliquaient initialement la Lune dans la genèse de la nuit sans lui attribuer de rôle précis. Lors de la mise en commun, ils ont affirmé oralement que la Lune « fait la nuit devant elle ».

L'hypothèse du groupe 7 (G7) est problématique à déchiffrer : *« C'est par ce que la terre tourne autour du soleil. Si il fait matin ça veut dire que Sur le soleil. Et puis si la terre est à gauche ça veut dire qui fait ce soir et si il est pas sure le Soleil ça veut dire qu'il fait min. C'est la terre qui tourne sur elle maime et le soleil qui tourne autoure de la terre* ». On y décèle le modèle héliocentrique associé à un modèle géocentrique. On retrouve également le rôle du Soleil dans la genèse du jour et le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même. Le rôle à la Lune dans la genèse de la nuit attribué par deux élèves du groupe a disparu de l'hypothèse commune.

En conclusion, cette phase de mise en commun a permis de faire évoluer les hypothèses initiales individuelles par leur confrontation. Elle a également permis de faire émerger une hypothèse de travail commune que les élèves pourront éprouver lors de la phase de modélisation. On constate cependant la persistance de nombreux obstacles à l'apprentissage tels que le fort ancrage de la représentation de la nuit comme un phénomène dépendant de la Lune. Les groupes ont réellement du mal à l'exclure de l'explication de la genèse de la nuit. Deux groupes avancent le modèle géocentrique et on détecte toujours des connaissances livresques apprises par cœur

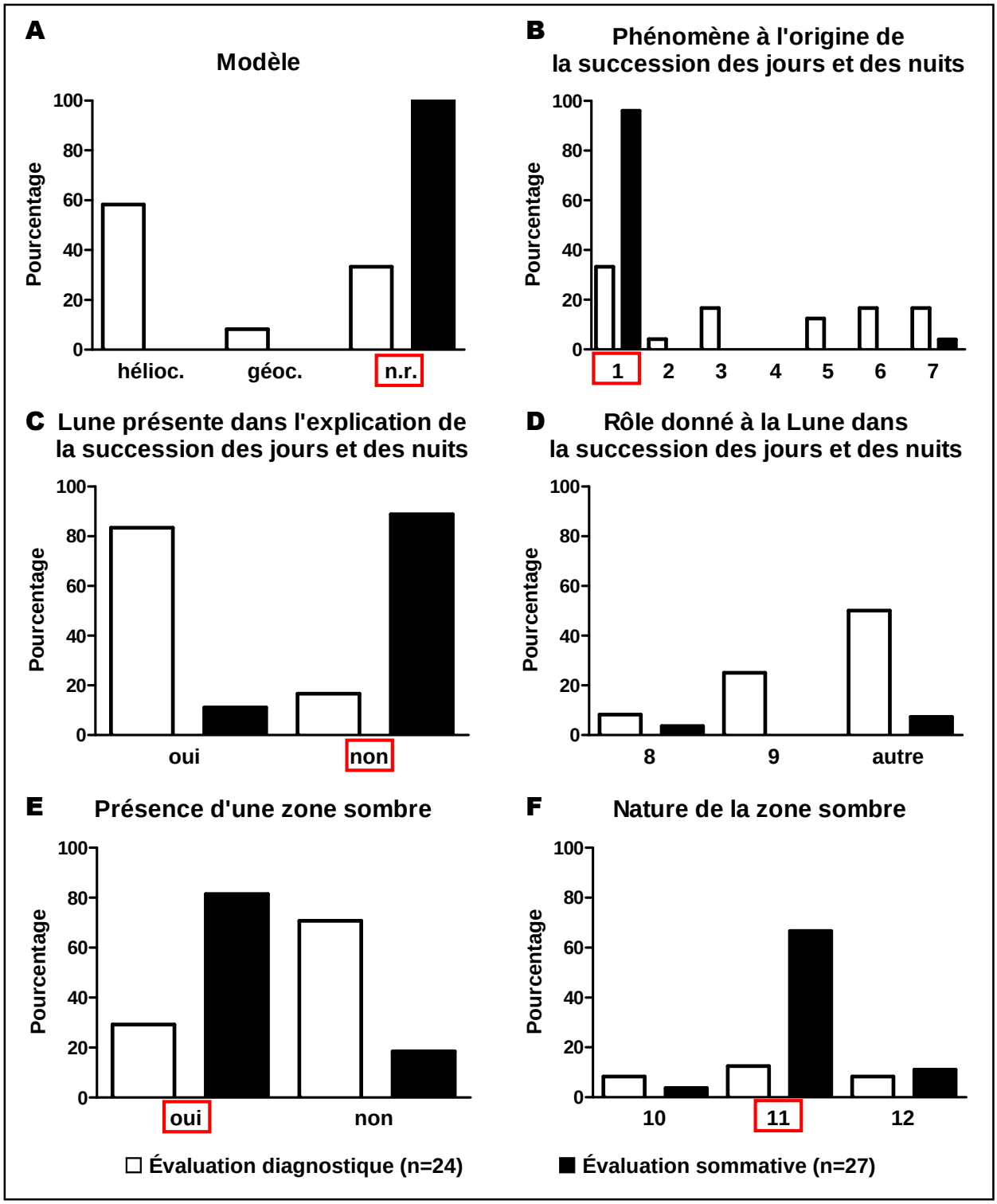
« la terre tourne autour du Soleil et la Terre tourne sur elle-même… » sans compréhension des conséquences de ces mouvements.

5.2.4. La modélisation : la mise à l'épreuve de l'hypothèse commune.

5.2.4.1. Construction d'un code commun : de la réalité vers le modèle.

Malgré mes explications sur la nature d'un modèle et sa fonction, quelques élèves, de par leurs propositions de matériel qui servirait à la modélisation (cf partie 4.3.5.2.), ont montré qu'ils n'avaient pas intégré l'objectif de celle-ci. Ces élèves pensaient construire un modèle réduit dont l'aspect esthétique leur semblait primordial. J'avais assez peu anticipé ce phénomène et mes recherches sur la modélisation m'ont permis d'identifier une procédure pour guider mes élèves dans la modélisation. Ainsi, j'ai pris appui sur la méthodologie décrite par Rolando (2003) et proposé à mes élèves un « dispositif contraignant les élèves à une réflexion explicite sur le sens des manipulations qu'ils réalisent ». De suite, les élèves se sont appropriés cette méthodologie et ont même ajouté un élément au tableau 3, la Lune, éléments qu'ils souhaitaient tous faire apparaitre dans leur modèle pour expliquer la succession des jours et des nuits.

Figure 6 : Répartition des réponses à la question « A l'aide d'un crayon de papier et de crayons de couleur, sans écrire un mot, faire un dessin (ou plusieurs) qui explique(nt) la succession du jour et de la nuit pendant 24 heures. Tu peux écrire un court texte explicatif sur la feuille agrafée si tu le souhaites » Les réponses apportées à cette question par les élèves de CM2 lors de l'évaluation diagnostique sont représentées en blanc et celles apportées lors de l'évaluation sommative sont représentées en noir. Les réponses attendues sont entourées en rouge.
Le graphique **A** représente le pourcentage d'élèves évoquant le modèle héliocentrique (hélioc.), le modèle géocentrique (géoc.) ou aucun modèle (n.r. pour non renseigné).
Le graphique **B** illustre la répartition des élèves en fonction des phénomènes proposés pour expliquer l'origine de la succession des jours et des nuits (1 : rotation de la Terre sur elle-même ; 2 : révolution de la Terre autour du soleil ; 3 : 1 associé à 2 ; 4 : révolution de la Lune autour de la Terre ; 5 : 1 associé à 2 et 4 ; 6 : 2 associé à 4 ; 7 : non renseigné ou pensée magique « tout tourne et ça fait la nuit et le jour »).
Le graphique **C** représente le pourcentage d'élèves pour lesquels la Lune est présente (oui) ou absente (non) de l'explication de la succession des jours et des nuits.
La figure **D** indique la part des élèves impliquant la Lune dans la succession des jours et des nuits qui assimilent la nuit à une éclipse solaire (8), celle pour qui la Lune projette la nuit (9) et enfin celle qui ne lui donne pas de rôle précis (autre).
Le graphique **E** présente le pourcentage d'élèves faisant (oui) ou ne faisant pas (non) apparaître de zone sombre pour représenter la nuit.
La figure **F** représente le pourcentage d'élèves faisant apparaître de zone sombre pour représenter la nuit et représentante cette zone sombre sur les astres de façon erronée (10), correcte (11) ou dans l'espace entre les planètes (12).



Grâce au tableau 4, les élèves ont pu établir des prévisions en terme d'observables et ainsi rentrer pleinement dans la modélisation. Lors de cette phase, le modèle a pris pour les élèves toute sa fonction de modèle grâce à l'extrapolation, l'anticipation qu'il permet. Jean-Michel Rolando dit de cette étape, qu'elle est « indispensable » car « elle crée les conditions pour que

les réflexions qu'ils auront à mener restent cohérentes avec les manipulations ultérieures qu'ils devront réaliser ».

Cette phase a été décisive pour la mise à l'épreuve des hypothèses car elle a maintenu les élèves dans le cadre de l'objectif fixé : expliquer comment se fait la succession des jours et des nuits et elle les a « outillé » pour une modélisation dont ils ne possédaient pas la méthodologie.

5.2.4.2. Mise à l'épreuve des hypothèses.

Cette phase de recherche a généré une grande émulation parmi les élèves et a encore augmenté leur investissement dans le travail. J'ai constaté qu'ils manipulaient en faisant le lien avec ce qu'ils devaient vérifier. Les retours au tableau 4 étaient fréquents. Et lorsque je constatais qu'un groupe était dans une impasse, je prenais également appui sur les tableaux 3 et 4.
Ce fut le cas pour le groupe 5 qui a utilisé deux lampes de poche pour représenter le Soleil. Avec une seule lampe de poche, les élèves du groupe ne parvenaient pas à éclairer une partie de la Terre pour simuler le jour et éclairer la Lune pour qu'elle projette la nuit sur l'autre face de la Terre comme ils le souhaitaient. Après un retour au tableau 3, ce groupe a déposé la seconde lampe pour respecter le code commun de modélisation et a mené une réflexion sur le rôle de la Lune qu'ils ne voyaient pas figurer dans le tableau 4.
Tous les groupes ont persisté à maintenir la Lune dans leur modèle. Le groupe 4, qui n'avait pas fait apparaître la Lune dans l'hypothèse commune, peut-être orienté par la ligne supplémentaire ajoutée au tableau 3 ou les modèles des groupes voisins, a également débuté sa modélisation avec une boule de polystyrène représentant la Lune. Ce fût cependant le premier groupe de la classe à aboutir au modèle permettant d'expliquer l'alternance jour-nuit. Lorsque je leur ai demandé pourquoi ils avaient retiré la Lune de leur modèle, un élève du groupe, pourtant partisan de l'hypothèse d'une nuit générée par une éclipse solaire (élève 16), m'a répondu qu'avec ou sans Lune, « ça ne changeait rien » dans leur modèle et qu'ils savaient que la « Lune ne faisait pas la nuit ».

Par mon observation du processus de modélisation, j'ai constaté que les élèves des groupes 5 et 6 assimilaient la nuit à la projection, sur la Terre, de la lumière du Soleil réfléchie par la Lune. A ces groupes, j'ai demandé de me montrer avec leur modèle comment se faisait la nuit, une nuit sans Lune. L'idée que la Lune est indispensable à la nuit était tellement forte que les élèves positionnaient la « Lune » du côté de la face de la Terre éclairée (pour la cacher des

habitants de la face non éclairée par le Soleil) et m'expliquaient que la Lune devait projeter la lumière de façon non rectiligne.
Ainsi j'ai pu constater les fortes résistances à l'évolution des représentations initiales, surtout concernant la présence de la Lune dans l'explication de la genèse de la nuit. Cependant, tous les groupes, sans exception, sont parvenus à simuler la succession des jours et des nuits par la rotation de la Terre (boule de polystyrène) devant le Soleil (lampe de poche). Les groupes 1, 2, 3, 5, 6 et 7 ont maintenu une « Lune » dans le modèle.

J'ai retiré la Lune des modèles de chaque groupe et leur ai demandé de montrer ce qu'il se passe pour qu'il fasse jour à l'école puis pour qu'il fasse nuit à l'école (Annexe 3). Après une phase de désappointement, tous les groupes sont parvenus à la conclusion que la Lune ne servait pas à créer la nuit. Les élèves étaient pleins d'interrogations sur la fonction de la Lune. Certains se sont exclamés : « Mais la Lune elle sert à rien en fait !!!??? ». L'élève 9 m'a discrètement interrogée sur la fonction de la Lune et semblait vraiment dépité par ce qu'il venait de découvrir. Les élèves ont ensuite éprouvé le besoin d'utiliser le modèle encore quelques instants pour le faire fonctionner « sans Lune ». Ils avaient besoin de ce temps pour assimiler cette nouvelle information avec le support concret.

Pour conclure, j'ai constaté que le modèle a réellement permis une mise à l'épreuve des hypothèses des élèves. Ils ont confronté ce qu'ils observaient sur le modèle avec ce qu'ils observent dans la réalité et ont ensuite évalué la pertinence de leur modèle pour le modifier. Il s'agissait à mon sens d'une réelle « expérimentation » sur un modèle qui leur a servi d'outil manipulable et concret pour penser et débattre. Le modèle a rendu visible les résistances à faire évoluer leurs représentations initiales (présence de la Lune) et les élèves se sont servis de cet outil à penser et à tester pour faire évoluer leurs conceptions initiales vers les objectifs visés.

5.2.5. L'évaluation sommative.

Lors de cette évaluation sommative, aucun élève n'éprouve le besoin de mentionner de modèle astronomique, qu'il soit hélio- ou géocentrique (Figure 6A et Annexe 4). Les flèches représentant la révolution de la Terre autour du Soleil sont absentes des dessins. La modélisation semble avoir ici joué un rôle prépondérant, comme si les élèves avaient gardé en tête l'image de la lampe de poche, représentant le soleil, immobile. Tous attribuent la succession des jours et des nuits au mouvement de rotation de la Terre sur elle-même devant le Soleil

(mouvement de rotation représenté par une flèche elliptique), le jour étant dû au Soleil et la nuit à l'absence de Soleil (Figure 6B et Annexe 4). A nouveau, ici, l'image de la boule de polystyrène du modèle, tournant sur elle-même, semble avoir imprégné les élèves. L'évolution des représentations initiales de l'élève 14 en témoigne (Figure 7). Lors de l'évaluation diagnostique, cet élève a illustré la succession des jours et des nuits à l'aide de deux dessins. On y décelait un modèle géocentrique avec un Soleil mobile se situant soit d'un côté de la Terre, soit de l'autre pour expliquer l'alternance jour-nuit. Lors de l'évaluation sommative, le même élève a également utilisé deux dessins où la Terre est dessinée en rotation devant un Soleil qui reste, cette fois, du même côté de la feuille.

Ce qui semble avoir marqué la majorité des élèves, c'est l'exclusion de la Lune de l'explication de la succession des jours et des nuits. En effet, 90% des élèves ne représentent plus la Lune sur leur dessin lors de l'évaluation sommative (Figure 6C et Annexe 4). J'avais constaté cela lors de la modélisation (cf 5.2.4.) et les textes produits par les élèves confirment ce phénomène : élève 5 « *ênfête, la lune c'est juste un détail, quand elle est pas la il y aura toujours le jours et la nuit* » ; élève 8 « *Avant je pensait que la lune fesait la nuit.* » ; élève 12 « *avent : comme la Terre tourne le soleil projecte devant lui et la lune aussie. après : comme la Terre tourne le soleil projecte devant lui et la lune ne sert à rien pour la nuit* » ; élève 20 « *Je croyais que la lune faisait la nuit mais non c'est uniquement grâce au soleil.* » ; élève 27 *« Je croyai que la Lune servait à quelque chose mais elle sert à rien.* ». Trois élèves font cependant encore intervenir la Lune dans leur dessin et l'un d'entre eux, l'élève 25, lui donne un rôle essentiel dans la genèse de la nuit (Figure 6C-D et Annexe 4). En effet, la zone sombre représentant la nuit sur la Terre est en face de la Lune et l'élève écrit : « La terre tourne sur elle-même. Et le soleil éclaire toutes les villes et la lune étain toutes les villes. » (Figures 6D à F et 8 et Annexe 4).

Alors que seulement 30% des élèves de la classe utilisaient une zone sombre pour représenter la nuit sur leur dessin avant l'étape de modélisation, 81% utilisent désormais cette représentation lors de l'évaluation sommative. Pour 67% des élèves, cette représentation est correcte mais un élève (élève 25) représente cette zone sombre uniquement face à la Lune (Figure 8) et 3 élèves dessinent la zone plus sombre dans l'espace entre les planètes (Figure 6E-F, Annexe 2 et 4).

Ainsi, l'analyse des productions de tous les élèves (Figure 6 et Annexe 4) montre que la quasi-totalité des élèves a atteint les compétences notionnelles visées et ce, grâce à une modélisation intégrée à une démarche d'investigation. Les relations qui existent entre modélisation et

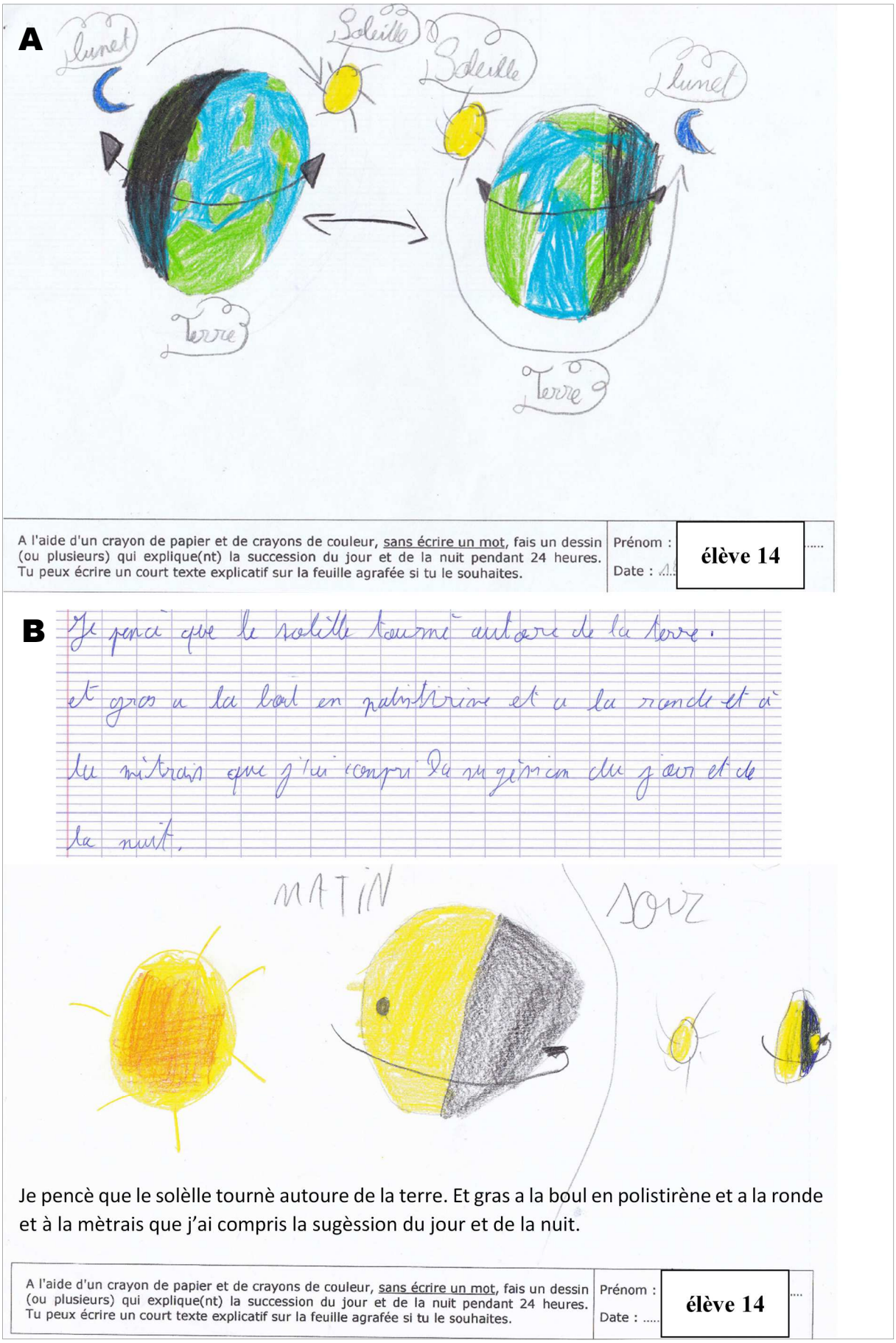


Figure 7 : Dessins réalisés par l'élève 14 lors de l'évaluation diagnostique (A) et sommative (B) (+ texte).

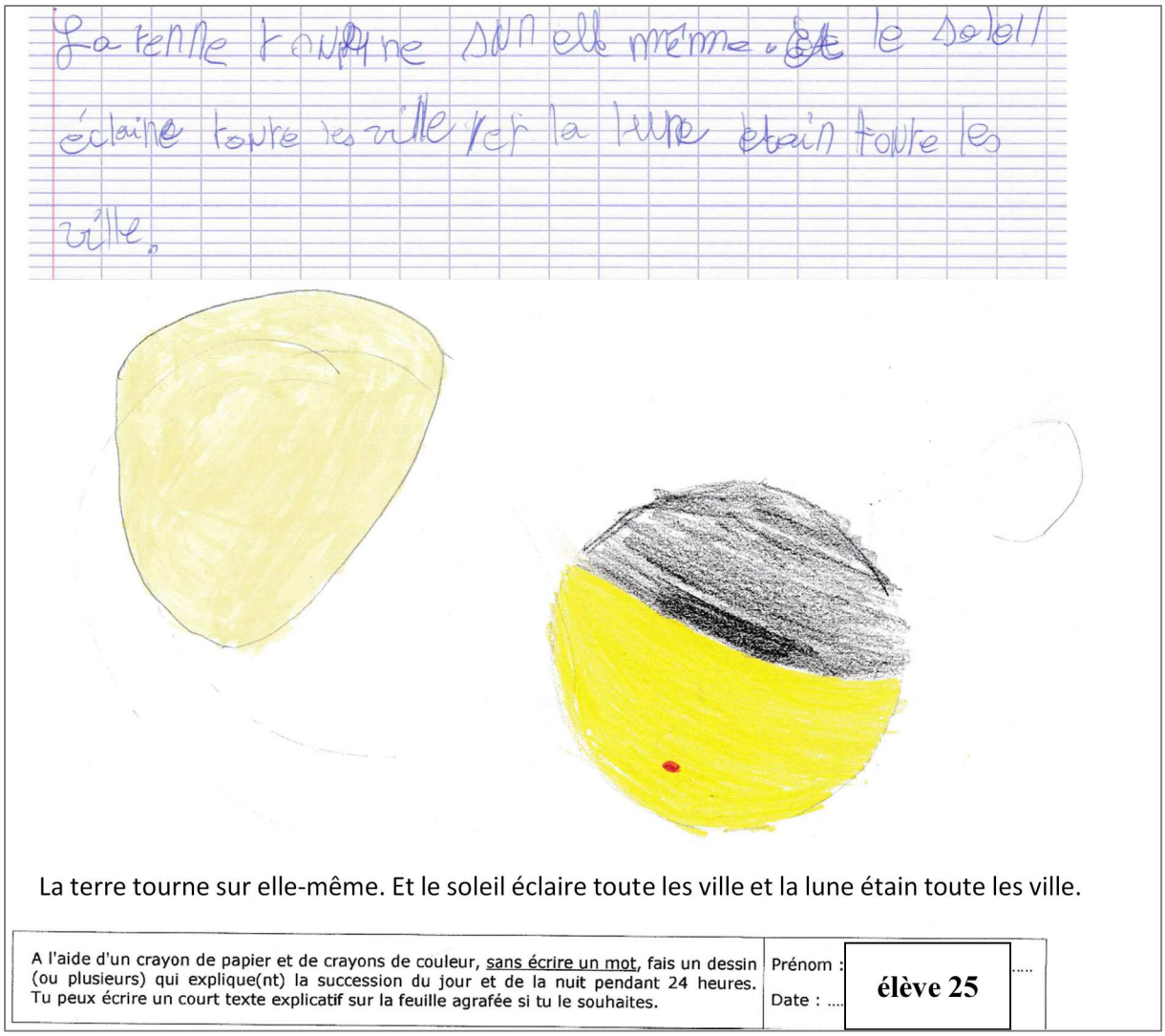


Figure 8 : Dessin réalisé par l'élève 25 lors de l'évaluation sommative (+ texte).

investigation scientifique ont été étudiées par Éric Sanchez (Sanchez, 2008). Comme lui, j'ai constaté que « l'étape qui consiste à aider l'élève à construire ce système de représentation apparaît comme une étape clef ».

5.2.6. Limites et perspectives.

L'étude que j'ai menée comporte des limites. A l'issu de la séquence, les élèves ne sont pas en mesure de s'engager dans un travail d'investigation scientifique et de modélisation de manière autonome. Le guidage a été fort. Celui-ci était nécessaire car les élèves n'étaient pas habitués à manipuler et à modéliser. Mais j'ai constaté leur progrès en travaillant sur la révolution de la Terre autour du Soleil. Ils ont par exemple rapidement fait émerger la nécessité du code commun de modélisation, chose qui leur paraissait inutile auparavant.

D’autre part, il est possible que les modèles produits par les élèves ne recouvrent pas nécessairement leurs représentations initiales ou hypothèses communes. Je pense notamment, aux groupes ayant abandonné rapidement leur hypothèse géocentrique sous la pression d’élèves leur ayant récité « La Terre tourne autour du Soleil ». Ces élèves n’ont ainsi pas pu découvrir par eux-mêmes qu’il y avait deux façons de modéliser l’alternance jour-nuit. La connaissance du résultat a empêché les élèves d'examiner objectivement les diverses hypothèses (Rolando, 2004).

La séquence peut paraître longue au regard du savoir scientifique visé. Cependant, les compétences méthodologiques développées par les élèves sont importantes. Pour reprendre les propos de Françoise Drouard, cet enseignement n’était « pas destiné uniquement à transmettre des connaissances bien établies par des siècles de travaux scientifiques, mais aussi – certains diraient surtout – à développer le goût de chercher, penser, faire par soi-même et à raisonner, discuter, argumenter avec les autres ». Autant de compétences qu’ils pourront développer encore et réinvestir dans tous les domaines au cours de leur scolarité et leur vie future. La mise en œuvre d’une démarche d’investigation et la méthodologie de la modélisation sont en effet des compétences qui s’acquièrent à travers les cycles.

Enfin, il serait intéressant de vérifier l’acquisition durable des connaissances scientifiques acquises en faisant une évaluation sommative à plus long terme, en fin d’année scolaire par exemple.

Le travail de recherche nécessaire pour cet écrit m’a conduite à une réflexion que je n’aurai probablement pas eue en dehors de ce cadre de travail. En effet, j’ai constaté qu’un travail de recherche bibliographique est très profitable au développement d’une séquence efficace et qu’une analyse adaptée des productions des élèves conduit à une meilleure prise en compte des obstacles et résistances à l’apprentissage. Avant d’effectuer ces recherches pour cet écrit réflexif, je ne connaissais pas tout ce qu’englobait la méthodologie de la modélisation. Ainsi, les résultats obtenus m’encouragent fortement à renouveler ce type d’expérience et à pratiquer cette démarche de recherche et d’enseignement plus fréquemment à l’avenir. Cet enseignement sur le thème de l’astronomie m’a donné le goût d’enseigner les sciences, il m’a prouvé qu’il était tout à fait possible de mener une démarche d’investigation en classe.

6. Conclusion

L'objectif de ces travaux était de déterminer comment la modélisation pouvait aider mes élèves de CM2 à comprendre que les jours et les nuits alternent en un même endroit de la Terre en raison de la rotation de la Terre devant le Soleil. J'ai fait l'hypothèse qu'une séquence basée sur la démarche d'investigation et intégrant une étape de modélisation pourrait faire évoluer efficacement les représentations initiales des élèves vers les objectifs d'apprentissages visés. J'ai ainsi opté pour une méthodologie de modélisation avec un guidage fort afin de donner du sens à cette modélisation en facilitant la correspondance entre les éléments du modèle et les éléments du réel.

A travers cette étude, j'ai pu constater que le choix du support de recueil des représentations initiales des élèves doit être pensé avec soin car il permet de révéler les obstacles et les résistances à l'apprentissage. De plus, cette étape peut constituer un véritable début de modélisation en facilitant les débats lors de la confrontation des hypothèses.

Ce travail a montré que la modélisation fait évoluer les représentations initiales de par ses multiples fonctions. Ici, la modélisation a permis aux élèves de se représenter le phénomène étudié (fonction de représentation). Elle a leur également permis d'exprimer leurs conceptions et hypothèses et a constitué un support commun pour le débat scientifique en groupe, favorisant ainsi l'apprentissage (fonction de support à la communication). De plus, la modélisation a servi d'outil concret pour penser et comprendre (fonction heuristiques).

La modélisation est donc un réel outil pour la démarche d'investigation en classe. Elle intervient dans les phases d'émission des hypothèses, de conception du protocole et de mise à l'épreuve des hypothèses (évaluation de l'adéquation du modèle et de la réalité observable).

7. Bibliographie

Drouard F. (2008). La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences, *Grand N*, 82, 31-51.

Fouquet J.-L. (2009). Le jour et la nuit : conceptions initiales des élèves, Les *Cahiers Clairaut*, 126, 14-16

Halbwachs F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.

Laisne M. (2000). Initier à l'astronomie les enfants de huit à treize ans, *SPIRALE - Revue de recherches en éducation*, 26, 47-54.

Merle H. & Girault Y (2003). L'enseignement de l'astronomie, *Aster*, 36, 3-14.

Ministère de l'Education nationale, Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. BO n° 17 du 23 avril 2015. Repéré à : http://cache.media.education.gouv.fr/file/17/45/6/Socle_commun_de_connaissances,_de_competences_et_de_culture_415456.pdf

Ministère de l'Education nationale, Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). BO spécial n°10 du 19 novembre 2015. Repéré à : http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/35/1/BO_SPE_11_26-11-2015_504351.pdf

Pierrard M.-A. (1988). Modélisation et astronomie, *Aster*, 7, 91-102.

Robardet G. & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané*. (pp. 97-118) Paris : PUF, coll. Pédagogie d'aujourd'hui.

Rolando J.-M. (2003). *L'Astronomie à l'école - Construire des compétences et des savoirs au cycle 3*. Paris : Delagrave.

Rolando J.-M. (2004). Astronomie à l'école élémentaire : quelques réflexions sur la construction des compétences, *Grand N*, 74, 99-107.

Roy P. & Hasni A. (2014). Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de *sciences et technologies du secondaire* au Québec, *McGill Journal of Education*, 49 (2), 349-372.

Sanchez E. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la terre? *Éducation et didactique*, 2 (2), 95-130.

Sommaire des annexes

Annexe 1. …… 1

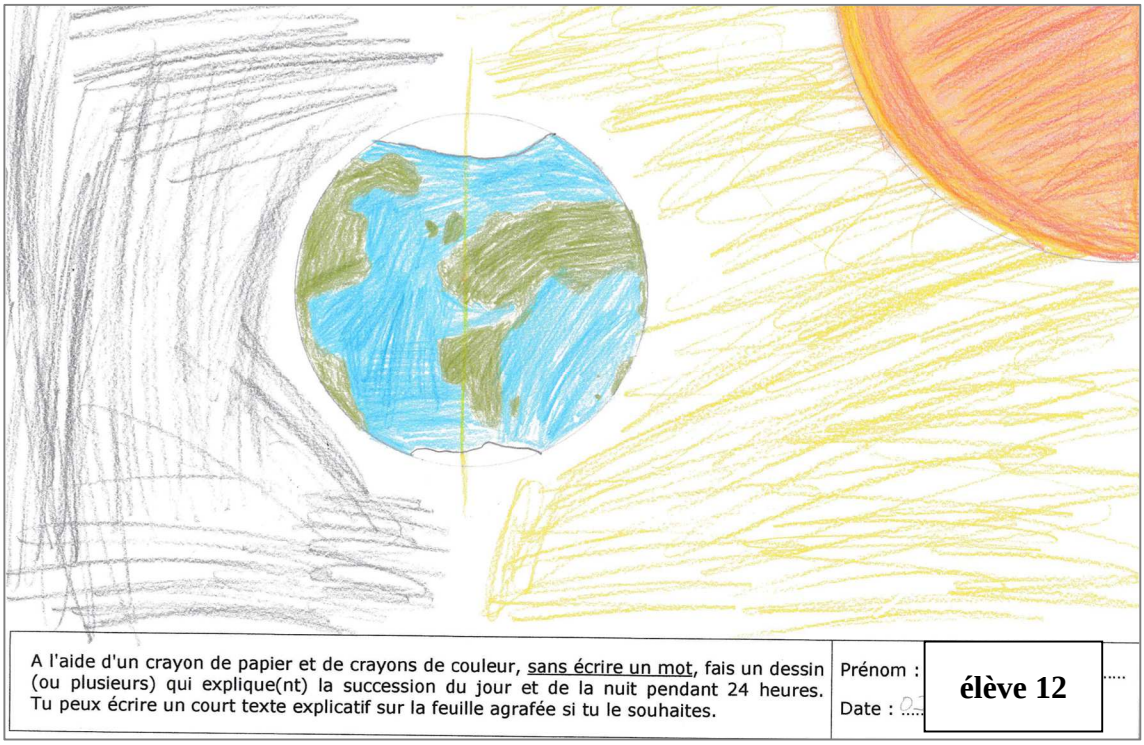
Annexe 2. …… 2

Annexe 3. …… 2

Annexe 4. …… 4

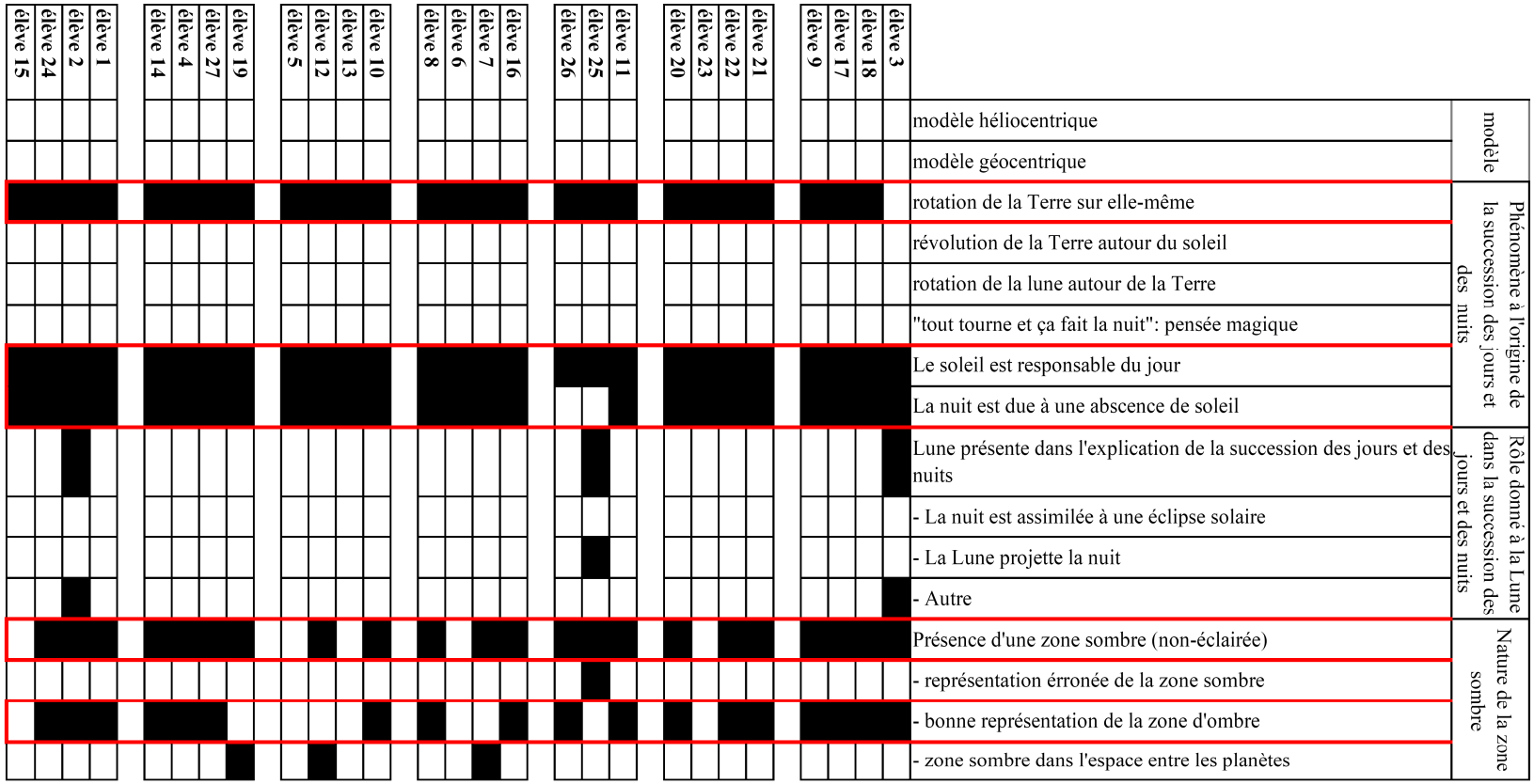
	modèle		Phénomène à l'origine de la succession des jours et des nuits						Rôle donné à la Lune dans la succession des jours et des nuits				Nature de la zone sombre			
	- modèle héliocentrique	- modèle géocentrique	rotation de la Terre sur elle-même	révolution de la Terre autour du soleil	rotation de la lune autour de la Terre	"tout tourne et ça fait la nuit": pensée magique	Le soleil est responsable du jour	La nuit est due à une absence de soleil	Lune présente dans l'explication de la succession des jours et des nuits	- La nuit est assimilée à une éclipse solaire	- La Lune projette la nuit	- Autre	Présence d'une zone sombre (non-éclairée)	- représentation erronée de la zone sombre	- bonne représentation de la zone d'ombre	- zone sombre dans l'espace entre les planètes
élève 3	nr	nr				■	■						■	■		
élève 18	■			■			■		■			■				
élève 17	■		■				■	■					■			■
élève 9	■		■	■			■	■	■			■	■		■	
G1							■	■	■		■		-	-	-	-
élève 21	■		■	■			■		■		■					
élève 22	nr	nr	■				■		■		■					
élève 23	nr	nr	■				■		■		■					
élève 20	■		■	■			■		■		■					
G2	■		■	■		■	■		■		■		-	-	-	-
élève 11	nr	nr	■				■	■	■			■				
élève 25	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
élève 26	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
G3			■				■	■					-	-	-	-
élève 16	■		■	■			■	■	■	■						
élève 7	■			■	■		■	■	■			■	■			■
élève 6	■		■	■	■		■	■	■			■				
élève 8	■			■	■		■	■	■			■				
G4	■		■	■	■								-	-	-	-
élève 10	■		■	■	■	■			■		■					
élève 13	nr	nr	■				■	■	■		■					
élève 12	nr	nr	■				■	■	■			■				
élève 5	■		■	■	■		■	■	■			■				
G5			■				■		■		■		-	-	-	-
élève 19	nr	nr					■		■			■				
élève 27	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
élève 4	nr	nr					■		■			■				
élève 14		■	■				■	■	■			■	■		■	
G6		■	■				■		■		■		-	-	-	-
élève 1	■			■			■	■					■		■	
élève 2	nr	nr	■				■	■					■		■	
élève 24	nr	nr					■		■			■	■	■		
élève 15	■	■		■	■		■		■			■				
G7	■	■	■	■			■	■					-	-	-	-

Annexe 1 : Analyse des hypothèses individuelles pour les élèves de la classe de CM2 (élèves 1 à 24) lors de l'évaluation diagnostique et les 7 groupes (G1 à G7) lors de la formulation de l'hypothèse commune. (nr : non renseigné ; abs : absent). Les réponses attendues sont entourées en rouge.



Annexe 2 : Dessin réalisé par l'élève 12 lors de l'évaluation sommative.

Annexe 3 : Photographie du modèle réalisé par un groupe pour expliquer la succession des jours et des nuits. Une face de la boule de polystyrène représentant la Terre est éclairée par une lampe de poche (non visible) : « il y fait jour ». Un élève montre du doigt l'école (représenté par une punaise rouge) qui se situe dans la nuit (face non éclairée de la boule de polystyrène).



Annexe 4 : Analyse des réponses individuelles pour les élèves de la classe de CM2 (élèves 1 à 27) lors de l'évaluation sommative. Les réponses attendues sont entourées en rouge.

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

UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

Année universitaire 2017-2018

Diplôme universitaire *Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation*
Mention Premier degré

Titre de l'écrit scientifique réflexif : Apports de la modélisation dans l'évolution des conceptions initiales en astronomie
Auteur : Emilie SAPIN

Résumé : En partant du constat de la difficulté à construire une séquence d'apprentissage basée sur une démarche d'investigation en astronomie, nous étudierons une mise en œuvre pédagogique en CM2 incluant la modélisation. De cette réflexion, se dégage la problématique suivante : Comment la modélisation peut-elle faire évoluer les conceptions initiales des élèves sur les mouvements de la Terre au sein du système solaire ? Notre étude portera sur le recueil et l'analyse des représentations initiales, la méthodologie de modélisation, son intégration à la démarche d'investigation et l'évolution des représentations initiales vers le savoir scientifique. Ce travail a montré que la modélisation a permis aux élèves de se représenter le phénomène étudié (fonction de représentation). Elle a leur également permis d'exprimer leurs conceptions et hypothèses et a constitué un support commun pour le débat scientifique en groupe, favorisant ainsi l'apprentissage (fonction de support à la communication). De plus, la modélisation a servi d'outil concret pour penser et comprendre (fonction heuristique). La modélisation est donc un réel outil pour la démarche d'investigation en classe.

Mots clés : astronomie ; modélisation ; représentations initiales ; démarche d'investigation ; CM2

Summary : Develop scientific inquiry-based learning in astronomy is difficult. In the present study, we carried out a pedagogical sequence including modeling activity in the third cycle. Our work was centered around the following problematic: How can modeling change the students' early conceptions on earth's movements? Our study focused on the collection and analysis of the own conceptions, the modeling method, its integration into the scientific inquiry and the evolution of early conceptions towards scientific knowledge. We reported that the model allowed students to represent the studied phenomenon (representative property). It also allowed them to express their own conceptions and hypotheses and was a support for the classroom scientific debate (communication support property). In addition, model was a thinking tool that they used to understand the phenomenon (heuristic property). Model is therefore a real tool for the inquiry-based science learning in the classroom.

Key words : astronomy ; modeling ; earlyconceptions ; scientific inquiry ; third cycle