



HAL
open science

Utilisation de la modélisation en astronomie

Romain Desbourses

► **To cite this version:**

Romain Desbourses. Utilisation de la modélisation en astronomie. Education. 2019. dumas-02295335

HAL Id: dumas-02295335

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02295335>

Submitted on 20 Nov 2019

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.

MASTER 2 MEEF

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

Mention **Premier degré**

Année universitaire 2018 - 2019

**DOSSIER UE3 / UE5
SEMESTRE 4
SESSION 1**

Prénom et Nom de l'étudiant : Desbourses Romain

Site de formation : Arras

Section : 10

Nom de l'enseignant : Mr Grumiaux

Remerciements à : Mr. Grumiaux et Mr. Duflot, pour leurs conseils
Mme Ba et Mr Cappe, pour leur confiance

Sommaire

Introduction.....	5
I) Partie théorique.....	6
a) Qu'est-ce que le modèle ?.....	6
b) Peut – on utiliser le modèle comme outil didactique à l'école élémentaire ?	8
c) L'utilisation du modèle dans la démarche d'investigation.....	9
d) Les obstacles à l'utilisation du modèle à l'école élémentaire.....	10
II) Les Connaissances scientifiques.....	11
a) Mouvement apparent du soleil au cours de la journée.....	11
b) Alternance jour/nuit.....	11
c) Variations de la durée du jour au cours de l'année et variation des saisons.....	11
III) Problématique.....	12
IV) Méthodologie de la Recherche.....	13
a) Contexte de la recherche.....	13
b) Élaboration de la séquence dans le cadre de la recherche	14
c) Recueil de données.....	16
V) Mise en place effective et analyse de la séquence.....	17
a) Analyse des résultats.....	19
b) Interprétation.....	20
A) Mise en place du protocole expérimental de la séance n°1.....	20
B) Analyse Séance n°2.....	21
a) Résultats de la classe de CM1.....	22
b) Résultats de la classe de CM1/CM2.....	24
c) Interprétation.....	25
C) Analyse séance n°3.....	26
a) Interprétation de l'évaluation diagnostique n°2.....	27
b) Analyse expériences de la Classe de CM1 et classe de CM1/CM2.....	28
c) Interprétation.....	30
D) Evaluation de milieu de séquence.....	31
a) Interprétation des résultats.....	32
E) Analyse fin de Séance 3, sens de rotation de la Terre.....	33
a) Résultats de la Classe de CM1/CM2 puis de la classe de CM1.....	34

b) Interprétation de ces résultats.....	35
F) Analyse séance n°4.....	35
a) Hypothèses et première expérience de la Classe de CM1.....	35
b) Hypothèses et première expérience de la Classe de CM1/CM2.....	36
c) Réalisation de l'expérience par tâtonnement (Classes de CM1 et CM1/CM2)....	37
G) Analyse séance n°5.....	38
a) Emission d'hypothèses et manipulation.....	38
H) Evaluation.....	40
a) Résultats de la Classe de CM1/CM2.....	40
b) Interprétation.....	41
VI) Améliorations de la séquence.....	41
VII) Conclusion.....	43
Bibliographie.....	44
Annexes.....	45

Introduction

Cette année, en tant que fonctionnaire stagiaire, j'ai pu remarquer l'intérêt que portaient les élèves pour les sciences. D'après les programmes de 2015 : « Dès l'école maternelle les élèves explorent et observent le monde qui les entoure ; au cycle 2, ils vont apprendre à le questionner de manière plus précise, par une première démarche scientifique et réfléchie . Les objectifs généraux de « Questionner le monde » sont donc : d'une part de permettre aux élèves de construire des connaissances nécessaires pour décrire et comprendre le monde qui les entoure et développer leur capacité à raisonner ; d'autre part de contribuer à leur formation de citoyens. Les apprentissages, repris et approfondis lors des cycles successifs, se poursuivront ensuite tout au long de la scolarité en faisant appel à des idées de plus en plus élaborées, abstraites et complexes . »

« L'organisation des apprentissages au cours des différents cycles de la scolarité obligatoire est pensée de manière à introduire de façon progressive des notions et des concepts pour laisser du temps à leur assimilation. Au cours du cycle 2, l'élève a exploré, observé, expérimenté, questionné le monde qui l'entoure. Au cycle 3, les notions déjà abordées sont revisitées pour progresser vers plus de généralisation et d'abstraction, en prenant toujours soin de partir du concret et des représentations de l'élève. La construction de savoirs et de compétences, par la mise en œuvre de démarches scientifiques et technologiques variées et la découverte de l'histoire des sciences et des technologies, introduit la distinction entre ce qui relève de la science et de la technologie, et ce qui relève d'une opinion ou d'une croyance. La diversité des démarches et des approches (observation, manipulation, expérimentation, simulation, documentation...) développe simultanément 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. »

On se rend donc compte que la mise en place de la démarche d'investigation est essentielle pour les élèves, afin de leur faire acquérir diverses compétences leur permettant de développer des savoirs-être et savoirs-faire. Dans cette démarche, nous pouvons utiliser différents supports afin de pouvoir démontrer plusieurs phénomènes scientifiques : l'expérimentation, la recherche documentaire ou encore la modélisation.

A partir du cycle 3, les élèves sont capables d'aborder des phénomènes de plus en plus complexes en raisonnant sur les objets ou les observations qui les entourent. C'est

pourquoi, l'étude des phénomènes scientifiques se complexifie au fur et à mesure de la scolarité des élèves, d'autant plus lorsque ces phénomènes sont non directement observables. Ma séquence étant centrée sur l'astronomie, plus particulièrement sur les mouvements de la Terre, c'est bien cette dernière particularité qui sera étudiée. Ce sujet étant difficile à comprendre du fait de sa non visibilité, les représentations des élèves sont très diversifiées et sera donc difficile à aborder. Dans ce domaine, l'expérimentation ne peut ou presque pas être utilisée. Pour dépasser ces contraintes, nous pouvons donc se servir de la modélisation et de la recherche documentaire. En discutant avec mes collègues, j'ai pu m'apercevoir qu'ils utilisaient la recherche documentaire pour étudier cette thématique et que, pour eux, c'était suffisant pour la compréhension des élèves. Or, je pense que la modélisation pour ce genre de domaine peut être un outil utile et efficace pour les élèves. En effet, avec l'utilisation d'un modèle, les élèves pourront manipuler, visualiser et donc je suppose qu'ils pourront mieux conceptualiser des phénomènes scientifiques complexes et non observables.

Dans mon mémoire, l'objectif est donc de savoir si l'utilisation de la modélisation est bénéfique pour les élèves afin de comprendre des phénomènes complexes, non directement observables et si elle permet de modifier les représentations initiales des élèves.

I) Partie théorique

a) Qu'est-ce que le modèle ?

Tout d'abord, il est nécessaire de clarifier les définitions de modèle ou de modélisation. La modélisation est l'ensemble des étapes de construction d'un modèle ou encore l'appropriation d'un modèle préalablement construit, c'est-à-dire l'ensemble des démarches permettant de s'approprier le modèle en tant que substitut d'un phénomène réel. L'élaboration d'un modèle est définie par un ensemble de questions auxquelles ce modèle doit contribuer à répondre. Pendant sa construction, le concepteur devra choisir les variables, qu'il jugera importantes. On peut donc définir la modélisation comme un « processus » tandis que le modèle est donc le « produit fini » de ce processus (Drouin, 1988, p. 9).

En sciences, le terme « modèle » peut être associé à la théorie ou encore à une conception

de la démarche scientifique comme « construction de l'esprit » (Drouin, 1988, p. 8). Il est une représentation simplifiée, sous forme quelconque d'un objet, d'un processus ou d'un système. Le modèle doit permettre de réduire la complexité du réel afin de comprendre ce réel. Il est donc différent de la réalité. Etant construit autour d'hypothèses, il doit être testé en le confrontant au réel (Rolando, 2003, p. 102). Dans le domaine scientifique, un modèle est donc une construction matérielle ou abstraite "ressemblant" à l'objet modélisé, selon un certain nombre de caractéristiques pertinentes au regard des données disponibles et de l'objectif poursuivi.

Tous les modèles scientifiques ne sont pas équivalents, chacun faisant intervenir de façon spécifique trois éléments en interaction : une figuration plus ou moins imageante (maquettes, modèles réduits, images, schémas) ; une construction théorique substitutive par rapport aux données empiriques ; une formalisation mathématique permettant prévision et calcul (Drouin, 1988, p. 11).

Il existe donc différents types de modèle. En effet, le modèle peut être analogique. C'est un modèle physique (maquette, montage, schéma...) qui a une fonction explicative voire prédictive.

Un modèle peut être également numérique. C'est alors un modèle mathématique qui s'appuie sur des équations ou des schémas de fonctionnement. Il peut remplir une fonction probabiliste.

La méthode des modèles est centrée sur les diverses fonctions qu'il peut remplir. Il est indispensable de savoir à quel moment utiliser les modèles en tant qu'objets concrets (maquettes, modèles réduits) ou abstraits. En effet, il faut savoir si le modèle est l'utilisation de représentations (images, schémas) ou s'il constitue lui-même ces représentations. Dans ce dernier cas, le modèle serait un objet visuel qui aiderait à construire la pensée de chaque individu et à répondre provisoirement et partiellement à un problème scientifique. Pour cela, les chercheurs se sont questionnés sur le lien entre ces modèles et les phénomènes qu'ils représentent. Il existe selon Legay (1997), « les modèles de mécanisme », « les modèles de décision et de prévision » et les « modèles d'hypothèse ». D'autres professionnels se sont posés la question du statut du modèle comme analogie. En effet, utilise-t-on le modèle comme un moyen d'investigation aidant à la recherche ou a-t-il une fonction de communication dans la vulgarisation d'un fait

scientifique ?

b) Peut – on utiliser le modèle comme outil didactique à l'école élémentaire ?

Plusieurs chercheurs se sont posés la question : Peut-on utiliser le modèle comme outil didactique à l'école élémentaire ?

D'après l'article « Modèles et modélisation », Aster n°7, de 1988 : « Le fait que les enfants de l'école élémentaire soient capables d'établir des relations, qualitatives ou quantitatives, entre des grandeurs repérables ou mesurables, a déjà souvent été exploré en didactique des sciences. Mais, il est certains problèmes réputés impossibles à traiter à l'école élémentaire, parce qu'ils n'offrent pas de situations expérimentales susceptibles de fournir un matériau manipulable. On peut alors faire le pari que l'une des démarches essentielles de la science, la modélisation, non seulement n'est pas définitivement inaccessible aux jeunes enfants, mais qu'elle pourrait constituer une aide à l'interprétation de certains phénomènes. »

Donc la modélisation pourrait être une réponse à l'étude de phénomènes non directement observables. Elle a pour but d'amener les élèves à prendre conscience que la connaissance se construit, est évolutive, et que les modèles ainsi élaborés permettent prévision et explication. On parle alors d'apprentissage par la modélisation où l'utilisation d'objets réels ou virtuels, par le maître et les élèves, aide ceux-ci à apprendre. D'ailleurs, De Vecchi G. dit : « L'intérêt d'un modèle ne se mesure pas dans sa vérité mais dans son utilité » (1996). Cependant, l'article d'Aster paru en 2006, intitulé « Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts », met en évidence que cet enseignement est source de débat et est beaucoup discuté par les professionnels. (Les références qui vont suivre sont toutes issues de cet article). En effet, les chercheurs, qui ne sont pas favorables à l'utilisation de la modélisation à l'école élémentaire, se réfèrent aux travaux de Piaget et Inhelder (1955) qui affirment que « les opérations formelles à laquelle l'activité de modélisation peut être assimilée, ne peuvent advenir avant l'adolescence ». Les activités scientifiques pour des élèves de l'école élémentaire devraient donc se centrer uniquement sur des activités de classification, de description, et de manipulation d'objets matériels (Metz, 1995). Des études (l'article ne précise pas lesquelles) ont d'ailleurs appuyé ce point de vue, stipulant qu'« avant l'adolescence, l'enfant distingue difficilement preuve

expérimentale et théorie » (Kuhn, 1997).

Parmi ceux qui sont favorables à la modélisation, on trouve Bodur et Guichard qui ont étudié la modélisation sur des élèves de 8-10 ans (1998). Ils ont comparé les modélisations et simulations les plus favorables à la compréhension de la flexion-extension du bras pour ces élèves. Grâce à cette étude, ils ont mis en évidence que la modélisation correctement utilisée était bénéfique aux apprentissages et à la compréhension des faits scientifiques par les élèves. Par ailleurs, Jean-Loup Canal et al.(1992) ont mis en évidence que des élèves d'école élémentaire sont susceptibles d'avoir une activité de modélisation. En effet, ces élèves ont utilisé des montages électroniques pour prouver le caractère conservatif de l'énergie.

On remarque cependant que, l'usage de la modélisation est toujours d'actualité dans l'enseignement des sciences malgré tous ces débats. Les modèles sont des outils fonctionnant comme des « ponts » entre monde réel et monde scientifique permettant de décrire, expliquer, prévoir des phénomènes complexes en les simplifiant et d'accéder donc à des représentations visuelles de divers phénomènes, notamment les phénomènes non observables. L'enseignement par la modélisation permet donc aux élèves de construire leurs savoirs en modélisant des phénomènes scientifiques.

c) L'utilisation du modèle dans la démarche d'investigation

A l'école élémentaire, la démarche d'investigation est privilégiée en sciences. (Source : Cours de didactique de l'enseignement des Sciences en Master MEEF SVT, suivis en 2017 à l'ESPE de Villeneuve d'Ascq) En effet, elle permet aux élèves d'acquérir une méthode de recherche leur permettant d'expliquer les différents phénomènes scientifiques, mais leur donnant, également, l'attitude à avoir face à un problème dans le but de le résoudre. Dans cette pédagogie active, l'élève participe donc à l'élaboration d'un projet, à la construction de son savoir en recherchant des explications. Celle-ci est composée de plusieurs étapes : tout d'abord une situation de départ dans laquelle se trouve le problème. C'est une phase de motivation qui doit étonner, motiver, créer de l'appétence auprès des élèves. Ensuite, c'est la phase de problématisation qui conduira à une définition

du projet, c'est-à-dire émission des hypothèses et recherche de moyen de tester ce que l'on pense par la réalisation d'un protocole permettant de résoudre le problème. L'étape suivante est la mise en œuvre du projet, les élèves recherchent ou expérimentent. Puis, vient la phase de confrontation où l'on exprime les résultats. Ceux-ci sont interprétés et permettent la validation ou non des hypothèses. Enfin, dans la phase de terminaison, on formalise avec les élèves le savoir établi et on identifie ce qu'il reste à découvrir. Parmi les protocoles pouvant être utilisés, on retrouve l'expérimentation, le tâtonnement expérimental, l'observation, la recherche ou étude documentaire ou encore la modélisation. Dans cette démarche scientifique, le modèle peut avoir plusieurs fonctions. La première est celle d'expliquer : pour cela on peut passer par l'analogie, c'est-à-dire qu'un modèle simple peut en expliquer un autre plus compliqué. La deuxième est celle de prévoir : en effet, le modèle peut permettre, sans avoir besoin d'observer la réalité elle-même, de simuler des phénomènes en utilisant des observations dérivées. Enfin, la troisième est celle de chercher : le modèle peut être un outil de manipulation permettant de chercher un résultat et d'envisager une représentation de la réalité.

d) Les obstacles à l'utilisation du modèle à l'école élémentaire

Bien que le modèle semble être un outil didactique pertinent et bénéfique pour l'enseignement des sciences, on doit faire attention au côté « affectif » que peut représenter un modèle. En effet, il peut être pris par l'élève comme la réalité et non comme une représentation simplifiée de cette réalité. Dans ce cas, l'utilisation du modèle aurait l'effet inverse de ce qui était attendu et pourrait nuire aux apprentissages. Ce rapport à la réalité peut donc être problématique. C'est pourquoi lorsque l'on met en place un modèle, il est important de le confronter sans cesse au réel (Rolando, 2003). Néanmoins, l'enseignant doit choisir de conserver les caractéristiques essentielles et pertinentes afin que le modèle ne soit pas trop simplifié pour ne pas trop s'éloigner du but recherché. Les élèves doivent comprendre que la fonction d'un modèle est celle d'un « outil pour penser » (L. Arbaret, 2012). C'est une construction intellectuelle qui constitue une réponse provisoire et partielle à un problème scientifique.

Le modèle ne doit pas être le seul support utilisé en sciences. Il est, grâce à des observations et d'autres connaissances, une construction de l'esprit permettant de révéler

plusieurs caractéristiques, paramètres, non accessibles par l'expérimentation. D'autre part, expérimentation et modélisation ne sont pas à opposer, elles sont complémentaires. En effet, l'expérimentation est utile pour tester des hypothèses tandis que la modélisation favorise l'interprétation (d'après l'article d'Aster, 1988, *Modèles et modélisation*, p.49) .

II) Les Connaissances Scientifiques

Les Mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.

a) Mouvement apparent du soleil au cours de la journée

Chaque jour, pour les habitants de la Terre, le Soleil se lève et apparaît vers l'est, monte dans le ciel en atteignant son point culminant (il est au Zénith) à midi vers le sud et se couche et disparaît vers l'ouest. Ce mouvement apparent du Soleil est une illusion causée par la rotation (non ressentie par ses habitants) de la Terre sur elle-même dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

b) Alternance jour/nuit

Elle résulte de la rotation de la Terre sur elle-même. En effet, à un instant « t », les rayons du soleil atteignent et éclairent une partie de la Terre : c'est la journée. Simultanément ces mêmes rayons n'atteignent pas l'autre partie de la Terre : c'est la nuit. Le sens de rotation de la planète s'effectue d'Ouest en Est, c'est-à-dire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, vue de l'Hémisphère Nord. La durée moyenne d'un jour solaire est de 24 heures. Un jour solaire est composé d'une journée et d'une nuit. La véritable durée de rotation de la Terre sur elle-même est d'environ 23 heures 56 minutes et 4 secondes, c'est le jour sidéral.

c) Variations de la durée du jour au cours de l'année et variation des saisons

Cette variation est due à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre passant par les

pôles nord et sud ,qui est de $23^{\circ}26'$, par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre). Ainsi, au cours de l'année, un point donné sur Terre sera éclairé plus ou moins longuement par le Soleil.

Au cours de sa révolution autour du Soleil (en 365,2422 jours), l'axe de la Terre pointe toujours dans la même direction.

La variation des saisons au cours de l'année est expliquée par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'orbite associée à sa trajectoire écliptique autour du Soleil et à la rotation de la Terre autour de son axe (Annexe 1). En effet, l'année se divise en quatre saisons d'une durée d'environ trois mois. Le début de l'été est marqué par le solstice d'été (21 juin), la journée la plus longue de l'année pour l'hémisphère nord, tandis que le solstice d'hiver (21 décembre), la journée la plus courte pour ce même hémisphère, marque le début de l'hiver. En fonction des saisons, la hauteur du Soleil dans le ciel est différente. Ainsi, au solstice d'été, la hauteur du Soleil est maximale et il reste longtemps levé, il chauffe donc davantage le sol, ce qui explique la saison chaude. Par contre, en hiver, le soleil reste bas au-dessus de l'horizon et la durée de la journée est courte, l'apport thermique du soleil est donc limité, ce qui explique la saison froide.

Pour expliquer les différences de saisons entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud, il faut observer l'inclinaison de la Terre. Par exemple, le 21 juin, une même quantité d'énergie est concentrée sur une petite surface dans l'hémisphère nord tandis qu'elle est répartie sur une plus grande surface dans l'hémisphère sud. C'est pourquoi, on est en été dans l'hémisphère nord et en hiver dans l'hémisphère sud.

III) Problématique

Suite à mes lectures concernant l'utilisation de la modélisation révélant le désaccord entre chercheurs (certains pensent que les jeunes élèves ne sont pas prêts à concevoir ce concept et d'autres affirment qu'on peut l'utiliser en prenant garde néanmoins à sa conception et son utilisation) la modélisation pourrait être un outil qui permettrait aux élèves d'étudier des phénomènes complexes ou difficilement observables. Dans une séquence consacrée à l'astronomie, son utilisation pourrait être nécessaire (la rotation de la Terre autour du soleil, la rotation sur elle-même et l'inclinaison de celle-ci n'étant pas

perceptibles). En effet, pour éviter de n'utiliser que la recherche documentaire, on utilise des modèles qui permettront aux élèves de modifier leurs représentations initiales. La modélisation pourrait favoriser la construction des connaissances scientifiques. Celle-ci fait partie de la démarche d'investigation, elle permettrait de vérifier des hypothèses et de résoudre des problèmes en changeant d'échelle. Néanmoins, le modèle ne doit pas trop être simplifié mais le niveau d'abstraction ne doit pas être trop élevé non plus afin que l'activité menée ne devienne pas illusoire pour les élèves qui la pratiquent. On doit donc faire abstraction de certaines caractéristiques de la réalité, ce qui ne représente pas un obstacle pour la compréhension d'un phénomène (comme les distances réelles entre le Soleil et les autres planètes, la forme non totalement sphérique de la Terre) et sélectionner des propriétés pertinentes pour pouvoir étudier les différents phénomènes. Une modélisation inadaptée pourrait donc nuire à la compréhension des élèves. On peut alors se demander en quoi la modélisation est-elle un outil essentiel pour l'étude de phénomènes non directement observables et en faciliter leur compréhension. Nous verrons donc au cours de la recherche quels sont les intérêts de la modélisation, quel peut être son impact dans le processus d'apprentissage des élèves et dans quelle mesure elle permet l'évolution des représentations des élèves.

IV) Méthodologie de la recherche

a) Contexte de la recherche

Cette année, je suis fonctionnaire stagiaire à l'école Jeanne D'Arc de Lens, située en centre-ville, et j'ai en charge à mi-temps, en collaboration avec une autre professeure stagiaire, la classe de CM1/CM2. L'école élémentaire est constituée de huit classes, cinq de cycle 2 et trois de cycle 3. Le domaine de l'étude des Sciences et Technologie est une discipline que j'enseigne au sein de ma classe et, en échange de service, avec la classe de CM1 de la directrice de l'école. Le fait d'être en charge de deux classes est un avantage pour mener ma recherche car cela me permettra de recueillir un plus grand nombre de données et cela permettra aux élèves de ces deux classes d'avoir suivi le même programme en Sciences durant cette année scolaire. Après m'être renseigné auprès des enseignants de l'école, j'ai appris que l'étude du système solaire sera une découverte pour l'ensemble des

CM1 tandis que les CM2, eux, ont déjà abordé une partie de ce sujet d'étude lors des années précédentes.

Ma classe est composée de vingt élèves dont neuf CM1 et onze CM2, tandis que celle de Madame la directrice est composée de vingt-sept CM1.

Les séquences seront toutes les deux menées les jeudis. Pour les élèves de la classe de CM1, les séances se dérouleront les jeudis matins de 10 h 30 à 11h30, tandis que pour mes élèves, elles se dérouleront les après-midis de ce même jour de 14h05 à 15h05.

b) Élaboration de la séquence dans le cadre de la recherche

Durant cette séquence, les élèves vont pratiquer la démarche d'investigation (Situation de départ et questionnement / élaboration d'hypothèses / élaboration de protocole / expérience / observation / interprétation, raisonnement / conclusion).

D'après le programme du cycle 2, 2015 : « La démarche, mise en valeur par la pratique de l'observation, de l'expérimentation et de la mémorisation, développe l'esprit critique et la rigueur, le raisonnement, le goût de la recherche et l'habileté manuelle, ainsi que la curiosité et la créativité. Des expériences simples (exploration, observation, manipulation, fabrication) faites par tous les élèves permettent le dialogue entre eux, l'élaboration de leur représentation du monde qui les entoure, l'acquisition de premières connaissances scientifiques et d'habiletés techniques. La mise en œuvre de ces démarches d'investigation permet aux élèves de développer des manières de penser, de raisonner, d'agir en cultivant le langage oral et écrit. »

C'est pourquoi, il est important de respecter la démarche d'investigation et les séances seront donc bâties sur ce modèle.

La séquence qui me servira pour mener l'étude sur la modélisation, en tant que moyen favorisant les représentations des élèves sur les phénomènes scientifiques, sera composée de six séances. Cette séquence aura pour but d'acquérir des connaissances sur les mouvements de la Terre, c'est-à-dire, la rotation sur elle-même, l'alternance jour-nuit, l'évolution de la durée du jour au cours de l'année, la rotation autour du soleil et le cycle des saisons.

La progression des séances est la suivante (Annexe 2) :

- **Séance n°1** : le but de cette première séance est d'observer les mouvements apparents du Soleil. Elle permettra de recueillir les représentations initiales des élèves sur le trajet du Soleil durant la journée. La problématique « Comment déterminer le mouvement apparent du Soleil ? ». Les élèves seront donc invités à réaliser un protocole pour répondre à cette question, puis nous mettrons en place l'observation.
- **Séance n°2** : durant cette séance, les élèves reprendront leurs relevés afin de déterminer le mouvement apparent du Soleil dans le ciel. Pour cela, les élèves auront recours à la modélisation. Grâce à cela, les élèves pourront valider ou non les hypothèses données durant la séance n°1, puis interpréter les observations afin de dégager une synthèse sur le mouvement apparent du Soleil dans le ciel.
- **Séance n°3** : cette séance aura pour but d'expliquer l'alternance jour/nuit. Les représentations initiales des élèves seront, de nouveau, recueillies. Les élèves utiliseront, une nouvelle fois la modélisation afin de comprendre que la Terre tourne sur elle-même et dans quel sens (réinvestissement des connaissances issues de la séance n°2 : « nous devons apercevoir le soleil par l'est... »).
- **Séance n°4** : la quatrième séance aura pour objet d'étude la durée de la journée au cours de l'année, en observant un tableau représentant les levers et couchers du Soleil, le 21 de chaque mois en Ile-de-France et en calculant donc la durée d'ensoleillement pour chaque mois. Encore une fois, les élèves donneront leurs représentations initiales et travailleront avec la modélisation afin de découvrir l'inclinaison de la Terre.
- **Séance n°5** : durant cette séance, les élèves devront trouver le positionnement de la Terre par rapport au Soleil, lorsque l'hémisphère Nord est en été, puis en hiver. Ceci servira à expliquer le cycle des saisons et les termes d'équinoxe et de solstice seront abordés.
- **Séance n°6** : Une évaluation sommative sera la base de cette dernière séance qui permettra d'évaluer l'évolution des représentations des élèves. Une « maquette » représentant la révolution de la Terre autour du soleil sera réalisée par les élèves. Cette activité permettra d'évaluer les élèves (réinvestissement, mobilisation et organisation des connaissances afin que l'élève se situe dans son apprentissage) et d'observer l'évolution du modèle.

c) Recueil de données

Tout d'abord, il est nécessaire de recueillir les représentations initiales des élèves afin de pouvoir étudier l'évolution de leurs représentations à l'issue des séances. Pour recueillir ces données, j'élaborerai donc des évaluations diagnostiques au début de la plupart des séances. Ces évaluations diagnostiques se dérouleront de la manière suivante : j'énoncerai une question ouverte et les élèves devront y répondre sur une feuille blanche sous la forme qu'ils souhaitent, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'un court texte, de dessins, de schémas, ils pourront également combiner ces différentes traces écrites. Les réponses seront classées dans différentes catégories de représentation, et je relèverai le nombre et le pourcentage d'élèves correspondant à chaque catégorie.

Ensuite, durant les séances, une évaluation formative sera réalisée sous forme orale. Elle sera importante pour la recherche. En effet, lorsque la modélisation sera effectuée, on notera les protocoles établis et ce qui a permis aux élèves de valider ou non les hypothèses. On pourra alors se rendre compte si la modélisation a permis d'aider les élèves à modifier leurs représentations initiales et si elle favorise la compréhension des phénomènes scientifiques non observables. D'ailleurs, la question posée pour l'évaluation diagnostique sera à nouveau donnée aux élèves, avant la mise en commun. Ceci permettra d'évaluer l'efficacité de la modélisation et d'observer l'évolution des représentations des élèves.

En outre, j'effectuerai une évaluation sous forme de questions-réponses, au milieu de la séquence, sans prévenir les élèves. Celle-ci sera présentée aux élèves comme un bilan pour savoir où ils en sont, afin d'éviter tout stress. Cette évaluation permettra d'étudier l'efficacité des activités recourant à la modélisation. Est-ce que celles-ci sont assez marquantes auprès des élèves ? Le fait que les élèves ne soient pas prévenus, est un moyen d'éviter que cette interrogation se transforme en simple restitution des connaissances où les élèves apprennent leurs leçons et récitent ce qui est écrit dans le cahier. Cette évaluation sert de constat. Quelles représentations ont-ils ?

Par ailleurs, d'après Rolando (2003, p. 102), il est important de « contraindre les élèves à

articuler modèle et réalité ». C'est pourquoi pour guider la réflexion des élèves, à la séance n°3, des tableaux qui leur permettront de différencier nettement le modèle et la réalité, tout en travaillant explicitement sur la correspondance entre les deux.

Enfin, une évaluation sommative se révèle être essentielle dans le cadre de ma recherche. En effet, elle permettra, à nouveau, de vérifier l'évolution des représentations des élèves mais également de vérifier si l'utilisation de modèle permet de faciliter la compréhension de phénomènes non observables par les élèves. De plus, le modèle sera le centre de l'évaluation car les élèves auront à réaliser une maquette représentant la Terre par rapport au Soleil selon les saisons. Dans ma séquence, le même matériel est souvent utilisé (sphères de polystyrène, lampe, bâton d'esquimaux, punaise), pour réaliser les modèles et chaque nouveau sujet abordé fait évoluer celui-ci. En réalisant donc une maquette, on pourra mettre en évidence si la représentation du modèle a bien évolué au cours des séances et si les différentes notions ont bien été retenues.

Il est à noter que l'analyse des données concernant la classe de CM1 s'arrêtera à la séance n°4. En effet, ne disposant que d'une seule plage horaire avec cette classe, l'organisation de divers événements au sein de l'école a perturbé le déroulement de cette séquence. C'est pourquoi, lors de la rédaction de ce dossier, ces élèves n'auront pas abordés les deux dernières séances de cette séquence.

V) Mise en place effective et analyse de la séquence :

Tout d'abord, pour débiter cette séquence, il est nécessaire de recueillir les représentations initiales des élèves concernant le nouveau thème abordé. En me renseignant auprès des anciens enseignants de mes élèves, j'ai appris que mes élèves de niveau CM1 n'avaient pas étudié ce thème tandis que les CM2 avaient auparavant travaillé sur le thème du système solaire. Ces derniers ont donc comme pré-requis : la Terre tourne autour du Soleil, la composition du système solaire ainsi que la notion de zone habitable. Bien que les élèves n'aient donc pas abordé, dans leur scolarité, le thème complet du Mouvement de la Terre, cela ne signifie pas que les élèves n'aient aucune connaissance sur le sujet. En effet,

certaines notions peuvent être découvertes à la télévision, dans diverses lectures...(Culture personnelle).

C'est pourquoi, durant cette première séance, les élèves des deux classes ont répondu à la même question : « Quel est le trajet du Soleil durant la journée ? ». La forme de la réponse était libre, les élèves pouvaient réaliser un dessin ou écrire quelques phrases.

Les différentes conceptions des élèves vont être classées afin de mieux les analyser.

Il existe en effet différents raisonnements possibles (Annexe 3) :

- Raisonnement juste: la réponse attendue est la suivante « Le soleil se lève vers l'Est et se couche vers l'Ouest »

- Raisonnement juste mais réponse erronée : « Le soleil se lève vers l'Ouest et se couche vers l'Est. »

- Raisonnement héliocentrique : le Soleil est fixe, au centre de l'univers ; c'est donc la Terre qui tourne autour du Soleil (exemple : « Le Soleil est fixe et la Terre tourne »)

- Raisonnement géocentrique : le Soleil tourne autour de la Terre (exemple : « Le Soleil tourne autour de la Terre qui est fixe »)

- Raisonnement naïf de type « pensée magique » : le terme de « pensée magique » est utilisé en psychologie notamment dans le développement de l'enfant (Piaget, 1966) et réfère à une forme de pensée s'attribuant la puissance de provoquer l'accomplissement de désirs ou la résolution de problèmes sans intervention matérielle. Ici, ce type de raisonnement correspond au raisonnement des élèves pour lesquels il n'y a pas de mécanisme plausible / de lien qui puisse expliquer le phénomène (exemple : « Le Soleil apparaît jusqu'à ce qu'il fasse nuit ; le soleil apparaît et après il laisse sa place à la lune. »).

Type de raisonnement	Classe de CM1 (nombre d'élèves + pourcentage par rapport à la classe)	Classe de CM1/CM2 (nombre d'élèves + pourcentage par rapport à la classe)		Total d'élèves et pourcentage
		CM1	CM2	
Raisonnement juste	3 (17,65%)	1 (5,55%)	0 (0%)	4 (11,43%)
Raisonnement presque exact	3 (17,65%)	1 (5,55%)	3 (16,66%)	7 (20%)
Raisonnement héliocentrique	10 (58,82%)	3 (16,66%)	5 (27,78)	18 (51,43%)
Raisonnement géocentrique	0 (0%)	2 (11,11%)	1 (5,55%)	3 (8,57%)
Raisonnement naïf	1 (5,88%)	1 (5,55%)	1 (5,55%)	3 (8,57%)

Tableau n°1 : Résultats de la première évaluation diagnostique

a) Analyse des résultats

A l'aide du tableau, on peut voir que les raisonnements héliocentriques sont majoritaires dans les deux classes : 58,82% des élèves ont un raisonnement héliocentrique dans la classe de CM1 et 44,4% dans la classe de CM1/CM2. On peut d'ailleurs considérer que le raisonnement héliocentrique est un raisonnement correct au même titre que le raisonnement attendu : en effet, bien que les élèves n'aient pu décrire le trajet du Soleil (celui-ci étant décrit comme fixe) leurs représentations initiales sont correctes puisque c'est bien la Terre qui tourne autour du Soleil. D'ailleurs, la formulation de la question sur le mouvement apparent du Soleil a perturbé plusieurs élèves qui ont la représentation juste d'un Soleil fixe et de la Terre qui tourne autour (Ils m'ont d'ailleurs fait cette remarque.). C'est pourquoi j'ai essayé d'explicitier cette question, en leur disant que pour celle-ci, on se mettait au point de vue de l'être humain qui regarde le soleil durant toute la journée et qui à l'impression que celui-ci se déplace..

On peut également remarquer que les raisonnements naïfs et géocentriques sont minoritaires mais ne doivent pas être négligés. Les élèves ayant une représentation naïve ne cherchent pas de lien de cause à effet. Il faudra donc travailler sur ce point lors de la séquence, à savoir qu'un phénomène a toujours une cause logique. Pour les élèves ayant un

raisonnement géocentrique : cela montre une certaine réflexion de la part de ces élèves qui cherchent un lien de cause à effet, bien que ce raisonnement soit faux. Ces deux représentations sont considérées comme erronées et représentent 17,14% de l'ensemble des élèves.

Par ailleurs, seul 11,43% des élèves ont un raisonnement correct mais 20 % des élèves ont un raisonnement presque correct. En effet, ils ont une bonne représentation du phénomène bien que leur réponse soit fautive (Ils inversent Est et Ouest).

b) Interprétation :

Ainsi, après avoir comparé les représentations initiales des élèves des deux classes, on peut remarquer que la répartition des explications des élèves est assez similaire : peu d'élèves ont un « raisonnement juste » sur la question traitée. Beaucoup ont une représentation considérée comme correcte, tandis que peu d'élèves ont une représentation erronée.

Bien que les CM2 aient déjà étudié quelques notions en Astronomie, leurs résultats sont similaires aux CM1.

A) Mise en place du protocole expérimental de la séance n°1 :

Une fois les représentations initiales des élèves recueillies, ces derniers ont travaillé par binômes afin de trouver un protocole expérimental permettant de déterminer le trajet du Soleil durant la journée sans le regarder directement. Dans les deux classes, l'élaboration du protocole expérimental s'est faite avec le groupe classe après discussion.

- Classe de CM1 :

Dans cette classe, plusieurs binômes élaboraient donc des stratégies pour regarder indirectement le Soleil en utilisant des miroirs, télescopes, lunettes de soleil, satellites. D'autres ont pensé à utiliser une boussole pour voir la direction du Soleil. Un groupe a émis l'idée d'utiliser le « reflet » du Soleil. Je leur ai donc demandé ce qu'ils voulaient exprimer en utilisant ce terme : ils m'ont répondu alors qu'ils voulaient « regarder la lumière du Soleil au sol et voir comment elle bouge dans la classe » (j'ai donc décidé d'utiliser l'idée de ce groupe lors de la mise en commun pour faire émerger la notion

d'ombre). Enfin, un groupe avait trouvé un début de protocole juste en utilisant la boussole et l'ombre du Soleil.

Durant la mise en commun, l'utilisation de la boussole a été jugée comme pertinente par le groupe classe ainsi que l'utilisation de l'ombre. Après discussion, le protocole suivant a été rédigé :

« Pour observer les mouvements apparents du Soleil, nous pouvons utiliser l'ombre d'un repère à différents moments de la journée. Sur notre feuille de relevés, nous devons indiquer les points cardinaux (Nord, Sud, Est, Ouest) repérés auparavant avec une boussole. Ainsi, en relevant l'ombre de l'objet (cure-dent), on saura où se trouve le Soleil à un moment précis. L'ensemble des relevés nous donnera le trajet du Soleil durant la journée. Les relevés seront réalisés à peu près toutes les deux heures entre 8h30 et 16h30, ce qui correspond aux heures de récréations et d'entrées et sorties de l'école. »

- Classe de CM1/CM2 :

Dans cette classe, un seul groupe a tenté d'élaborer une stratégie pour regarder indirectement le Soleil en utilisant des télescopes et ordinateurs. Un autre groupe a eu l'idée d'utiliser la lumière du Soleil. Quant aux quatre derniers groupes, l'utilisation de l'ombre a été formulée. Parmi ces groupes, un binôme a précisé qu'on devait regarder l'ombre d'un objet et observer son placement en fonction de l'heure. Un autre voulait regarder le déplacement de l'ombre et sa direction (sans parler de points cardinaux, ils parlaient surtout de gauche et droite) à différents moments de la journée.

Les groupes ayant trouvé de nombreuses pistes concernant le protocole souhaité, l'élaboration de celui-ci, lors de la mise en commun, a été plus rapide que pour la classe précédente. Le seul point à revoir était l'utilisation de la boussole afin de mieux étudier l'évolution de la direction du Soleil.

Le protocole établi est le même que pour la classe de CM1.

B) Analyse séance n°2 :

Lors de la séance précédente, les élèves n'ont pu réaliser entièrement les relevés (uniquement deux pour chaque classe), la météo alternant soleil et nuages. C'est pourquoi,

pour cette deuxième séance, j'ai fourni aux élèves un relevé que j'ai moi-même réalisé et photocopié pour chaque groupe (Annexe 4).

Avant de manipuler, les élèves avaient pour consigne d'analyser ces relevés afin d'émettre plusieurs hypothèses sur le mouvement apparent du Soleil au cours de la journée.

a) Résultats de la Classe de CM1 :

La majorité des élèves ont remarqué que tous les relevés (tracés matérialisant les ombres) n'avaient pas la même longueur et la même direction. Ainsi pour chaque horaire, il y avait un relevé différent (deux heures différentes n'ont pas le même tracé : longueur et direction). Les élèves ont également mis en évidence que, sur le relevé, les ombres se situent du côté Ouest le matin et celles de l'après-midi sont du côté Est.

Les hypothèses suivantes ont donc été émises durant les échanges de la mise en commun :

- Le Soleil se déplace d'Ouest en Est.
- Il fait un arc de cercle car les traits n'ont pas la même longueur.
- A 9 h, le soleil est plus haut qu'à 13 heures car le relevé de 9 h est plus grand que celui de 13h.

Ensuite, je leur ai demandé : que pouvons-nous faire comme expérience pour tester ces hypothèses ?

Les élèves ont proposé d'utiliser une lampe (que j'avais demandé d'amener, en amont de la séance). Je les ai donc invités à réfléchir à son utilité : les élèves ont rapidement compris qu'elle allait remplacer le Soleil. Après discussion, les élèves ont proposé comme activité de reproduire les ombres sur le relevé, à l'aide d'un cure-dent (comme précédemment) et de la lampe-torche afin d'en déduire le mouvement du Soleil dans la journée.

Tableau n°2 : Observations lors des manipulations (Annexe 5) :

Groupes	Observations
Groupe n°1 et 2	Les élèves ont bien compris que le Soleil se déplace de l'Est vers l'Ouest, car la lampe est à l'Est pour l'ombre correspondant à 9h et que la lampe est à l'Ouest pour l'ombre correspondant à 17h. Néanmoins, les élèves cherchaient à aligner l'ombre avec le relevé de l'ombre sans

	<p>respecter la longueur de celle-ci : c'est pour cela que leur lampe se trouvait toujours à la même hauteur, ils ne pouvaient donc pas observer les différences de hauteur du Soleil en fonction des heures et le fait que son déplacement forme un arc de cercle.</p> <p><u>Remédiation</u> : J'ai rappelé aux élèves la consigne qui était de reproduire exactement les différents relevés d'ombre et je leur ai demandé si c'était bien ce qu'ils faisaient. Ils m'ont répondu : « oui », je leur ai alors demandé de me montrer leur manipulation et je leur ai fait la même remarque. Ils ont compris qu'ils devaient faire correspondre les différentes longueurs des relevés avec leur ombre. Ils ont recommencé et ont obtenu le résultat attendu.</p>
Groupe n°3	<p>Groupe très autonome : les élèves ont manipulé correctement et ont parfaitement exploité les résultats de leur expérience. « Le Soleil se lève à l'Est, il monte de plus en plus haut jusqu'à 13 heures et redescend vers l'Ouest. »</p>
Groupe n°4	<p>Ce groupe manipulait parfaitement, les élèves produisaient les gestes attendus. Cependant, ils affirmaient que le Soleil se levait à l'Ouest et se couchait à l'Est.</p> <p>Remédiation : J'ai questionné ces élèves sur leur expérience et leur ai demandé pourquoi ils m'affirmaient cela. Ils m'ont répondu car à 9 heures, l'ombre est à l'Ouest. Je leur ai alors demandé quel était l'objectif de cette expérience : ils m'ont dit rapidement de trouver le mouvement apparent du Soleil. Je les ai donc amené à réfléchir à quoi il fallait donc s'intéresser dans cette expérience. Ils se sont donc intéressés au Soleil qui est représenté par la lampe et donc au positionnement de celle-ci. Ils sont donc revenus sur leur conclusion (Comprenant que la source de lumière est à l' opposé de l'ombre.</p>
Groupe n°5	<p>Même problème que le groupe précédent : Très bonne manipulation mais conclusion erronée.</p> <p>Même remédiation. Néanmoins, les élèves ont conservé leur conclusion car ils se sont concentrés sur l'ombre du cure-dent (Ne comprenant pas que la source de lumière est à l' opposé de l'ombre.)</p>
Groupe n°6	<p>Même manipulation que le groupe n°1 et conclusion erronée.</p> <p>Remédiations : j'ai tenté la même démarche que pour le groupe n°1 mais ce groupe ne comprenait pas qu'il fallait reproduire exactement les longueurs des relevés, je leur ai donc rappelé et les élèves ont compris en tâtonnant que pour avoir une ombre plus courte, il suffisait de lever la lampe.</p> <p>Ils ont donc réussi à corriger leur manipulation.</p> <p>Concernant leur mauvaise interprétation : j'ai essayé la même démarche que pour le groupe 3, mais comme le groupe n°4, ils ne se concentraient que sur la position de l'ombre, plutôt que celle de la lampe : ils suivaient la direction de la lumière et non la position de la lampe en fonction des points cardinaux.</p>
Groupe n°7	<p>Même démarche et même remédiation que le groupe n°4</p>

Groupe n°8	Comme le groupe n°2, très bonne manipulation et bonne conclusion. Les élèves avaient juste oublié de me parler de l'évolution de la hauteur du Soleil bien qu'ils manipulaient correctement. Remédiation : Je leur ai dit que leur conclusion était juste mais qu'il fallait caractériser le trajet du Soleil. Ils ont réussi à compléter leur interprétation.
------------	---

b) Résultats de la Classe de CM1/CM2 :

Les élèves ont fait les mêmes remarques que la classe de CM1, mais ils ont également mentionné que les tracés semblaient symétriques car les ombres étaient grandes, puis petites et à nouveau grandes.

Les hypothèses suivantes ont été émises après discussion :

- On suppose que le Soleil se lève à l'Ouest et se couche à l'Est, car à 9h l'ombre est côté Ouest et à 17h, l'ombre est côté Est.
- Quand le relevé est petit, c'est que le Soleil est plus haut dans le ciel. (Ce qui est l'opposé de l'hypothèse énoncée par la classe de CM1)

Ensuite, je leur ai demandé : que pouvons-nous faire comme expérience pour tester ces hypothèses ?

Les élèves ont proposé rapidement de reproduire les ombres sur le relevé, à l'aide d'un cure-dent et de la lampe-torche afin d'en déduire le mouvement du Soleil dans la journée.

Tableau n°3 : Observations lors des manipulations :

Groupes	Observations
	Comme le groupe n°4 de la classe de CM1, Ce groupe manipulait parfaitement, les élèves produisaient les gestes attendus. Cependant, ils affirmaient que le Soleil se levait à l'Ouest et se couchait à l'Est. Remédiation identique : Questionnement sur l'élément principal auquel il fallait s'intéresser, recentrage de l'objectif, qui a permis d'apporter une réponse au problème.
Groupe B	Comme pour le groupe n°1 de la classe de CM1, Les élèves ont bien compris que le Soleil se déplace de l'Est vers l'Ouest, car la lampe est à l'Est pour l'ombre correspondant à 9h et que la lampe est à l'Ouest pour l'ombre correspondant à 17h. Néanmoins, les élèves cherchaient à aligner l'ombre avec le relevé de l'ombre sans

	<p>respecter la longueur de celle-ci : Problème de hauteur de lampe à faire remarquer.</p> <p><u>Remédiation</u> : Rappel de la consigne et de la respecter « à la lettre ».</p> <p>Ils ont réussi à modifier leur résultat.</p>
Groupe C	<p>Ce groupe a compris que le Soleil se levait à l'Est et se couchait à l'Ouest. Néanmoins, les élèves avaient des difficultés à manipuler la lampe. C'est pourquoi, ils n'ont pas trouvé que le Soleil était le plus haut à 13h et ont pris beaucoup de temps à manipuler et n'ont pas eu le temps de compléter leur interprétation.</p>
Groupe D	<p>Comme groupe A, Très bonne manipulation mais conclusion erronée, ne pense pas à la position de la source de lumière.. (confusion Est-Ouest)</p> <p>Remédiation identique au groupe A : Recentrage de l'objectif</p> <p>Cette aide leur a permis de rectifier leur travail.</p>
Groupe E	<p>Groupe ayant très bien manipulé et ayant bien interprété directement les résultats.</p>
Groupe F	<p>Ce groupe n'avait pas réussi à exprimer une conclusion sur le mouvement du soleil. En effet, les élèves réussissaient à reproduire les différents relevés d'ombre. Cependant, ils n'avaient pas suivi l'ordre chronologique, ils reproduisaient les relevés au hasard.</p> <p>Remédiation : Rappel de la consigne, puis je leur ai demandé par quel tracé il serait logique de débiter et par lequel il serait logique de poursuivre. Ils m'ont rapidement répondu qu'il fallait commencer par le relevé de 9h, puis 10h....</p> <p>Ils ont donc réussi à trouver la bonne conclusion.</p>

c) Interprétation

Cette modélisation a donc permis de faire évoluer la représentation de certains élèves qui pensaient que le Soleil se levait à l'Ouest et se couchait à l'Est, suite à l'observation des relevés. Le fait de manipuler leur a permis de bien visualiser le trajet du Soleil (hauteur + direction) durant la journée. L' évaluation reprenant la question posée en début de séance et reposée avant la mise en commun a révélé que 18 élèves ont abouti à la bonne conclusion (alors qu' ils n'étaient que 2 en début de séance) et 6 élèves n'avaient toujours pas la bonne réponse, dans la classe de CM1. Dans la classe de CM1/CM2, 16 élèves ont réussi et 2 élèves étaient encore en échec. En effet, certains élèves, en agissant, oublient l'objectif principal de l'expérience, car, en manipulant, leur attention est focalisée par l'élément qui est le plus variable, ici l'ombre. Les élèves s' appliquent à bien reproduire les relevés d'ombre et oublient de s'intéresser au positionnement de la lampe représentant le soleil dont

on devait repérer l'évolution de sa position. C'est pour cela que la première interprétation des élèves, même si la manipulation est correcte, est souvent erronée. Il est donc nécessaire de leur apprendre à ne jamais se détourner de l'objectif principal de leur expérience (ici définir la position du soleil). A ce niveau, à tout moment, l'enseignant peut rappeler l'objectif d'une expérience lors de sa réalisation afin d'éviter toute dérive durant la recherche.

C) Analyse séance 3 :

Il m'a paru important de questionner de nouveau les élèves afin de voir si leurs représentations avaient évolué après les deux premières séances effectuées. J'ai donc donné une consigne assez « similaire » à la première : « Expliquer pourquoi il y a des jours et des nuits. Tu peux faire un dessin et écrire un petit texte pour expliquer. ». Afin d'y répondre, les élèves devaient prendre en compte le résultat obtenu lors de la deuxième séance sur le mouvement apparent du Soleil dans le ciel.

Types de raisonnement	Classe de CM1	Classe de CM1/CM2	Ensemble des élèves
Raisonnement attendu : « La Terre tourne sur elle-même »	3	6	9 (20,93 %)
Raisonnement héliocentrique	4	9	13 (30,23%)
Reprise de la synthèse : le Soleil se lève et se couche	5	3	8 (18,6%)
Idée qu'à un moment précis , une partie de la Terre est éclairée par le Soleil et l'autre est dans la nuit	5	5	10 (23,26%)
Raisonnement naïf	3	0	3 (6,98%)

Tableau n°4 : Résultats de la deuxième évaluation diagnostique

a) Interprétation de l'évaluation diagnostique n°2 :

Dans les deux classes, on remarque que le raisonnement géocentrique n'est pas apparu. Plusieurs possibilités pour expliquer cela : soit ils sont conscients désormais que c'est bien la Terre qui tourne autour du Soleil, soit le raisonnement géocentrique existe toujours dans la représentation de certains élèves mais n'a pas été formulé. C'est pourquoi une question concernant cette notion sera abordée lors de l'évaluation de mi-séquence. D'autre part, le raisonnement juste est en augmentation par rapport à la première séance. Le raisonnement héliocentrique est toujours massivement présent. Il est intéressant de remarquer que 18,6% des élèves ont répondu qu'il y a des jours et des nuits car le Soleil se lève et il se couche (en référence à la synthèse de la séance précédente : « le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest »). D'un premier abord, on peut croire que le Soleil est personnifié par les élèves, mais en discutant avec eux, je me suis rendu compte qu'il s'agissait d'une réponse « logique ». En effet, nous avons vu la dernière fois que le Soleil « se levait » et « se couchait », il est donc « logique » qu'il y ait une alternance jour/nuit. Donc ces élèves m'ont donné les indices qui leur permettaient de répondre mais ils ne m'ont pas expliqué de manière scientifique pourquoi il y avait cette alternance jour/nuit.

De même, l'idée qu'« à un moment précis, une partie de la Terre est éclairée par le Soleil et l'autre est dans la nuit » montre que ces élèves ont une bonne représentation de la situation mais ils ne m'expliquent pas le phénomène.

Enfin, quelques élèves ont eu un raisonnement de type naïf de type « pensée magique », évoqué par Piaget.(1966) (exemples : Le Soleil doit se reposer/ la nuit, la lune remplace le Soleil) (Annexe). Il est à signaler que ces élèves ne sont pas les élèves qui avaient eu un raisonnement naïf lors de la première séance. Ces représentations peuvent être dues au vocabulaire employé (« se coucher », « se lever »...) qui pourrait favoriser une personnification du Soleil par l'élève qui n'associe pas de caractère scientifique au phénomène.

b) Analyse expériences de la Classe de CM1 et classe de CM1/CM2 :

Ensuite, nous avons réalisé une mise en commun afin de récolter les hypothèses. Dans les deux classes, les idées que la Terre tourne sur elle-même et que la Terre tourne autour du

soleil ont émergé. Je leur ai alors demandé comment on pourrait vérifier ces hypothèses. Les deux classes ont directement pensé à utiliser des lampes pour représenter le Soleil et « quelque chose » (divers objets ont été proposés comme un crayon ou un ballon, boule de polystyrène) pour représenter la Terre, et à mettre en scène les mouvements de la planète. Ils souhaitaient donc manipuler un modèle pour représenter la réalité. On peut donc se rendre compte que l'expérience de la séance n°2 utilisant un modèle a permis aux élèves de trouver un protocole très rapidement pour ce nouveau problème scientifique. L'idée de simuler la réalité à l'aide d'objets représentant des choses réelles (modélisation) leur vient naturellement.

Par ailleurs, il est nécessaire de contraindre les élèves à articuler modèle et réalité (Rolando, 2003). Je propose donc, pour guider la réflexion des élèves, un tableau qui doit leur permettre de différencier nettement le modèle (boule, lampe, punaise) et la réalité (Terre, Soleil), tout en travaillant explicitement sur la correspondance entre les deux. (Annexe 6)

Sur les 14 groupes des 2 classes ayant répondu à ce questionnaire, 12 l'ont réussi (même si parmi ces groupes, 6 ont utilisé le terme d' « ombre » plutôt que « nuit » ce qui n'est pas inexact en soi).

Les 2 autres groupes ont répondu comme si on leur posait des questions (exemple : la punaise est dans la lumière : oui, pendant 12h le Soleil éclaire la France). Ces erreurs reflètent plus une mauvaise compréhension de la consigne qu'une incompréhension du phénomène.

Avant de débiter la phase de recherche, des repères ont été tracés sur la boule de polystyrène : l'équateur, la position de la France (représentée par une punaise) ainsi que sa trajectoire en fonction de la latitude, l'hémisphère nord et l'hémisphère sud.

	<u>Expérience 1</u>	<u>Expérience 2</u>	<u>Expérience 3</u>	<u>Expérience 4</u>	<u>Expérience 5</u>
	Faire tourner la sphère sur elle-même éclairée par la lampe fixe (Annexe 7)	Faire tourner la sphère sur elle-même et autour de la lampe fixe	Faire tourner la sphère sur elle-même avec la lampe qui la suit	Faire tourner la sphère, sans la faire tourner sur elle-même, autour de la	Faire tourner la sphère, sans la faire tourner sur elle-même, autour de la

				lampe qui reste fixe	lampe qui la suit (Annexe 8)
Groupe n°1	1ère				
Groupe n°2	1ère				
Groupe n°3	1ère				2ème
Groupe n°4	1ère			2ème	3ème
Groupe n°5	1ère				
Groupe n°6	1ère				
Groupe n°7	1ère	2ème	3ème		4ème
Groupe n°8	1ère			2ème	3ème
Groupe A	1ère				2ème
Groupe B	1ère				2ème
Groupe C	1ère	2ème		3ème	4ème
Groupe D	1ère				2ème
Groupe E	1ère			2ème	3ème
Groupe F	1ère				
Groupe G	1ère				

Tableau n°5 : Ordre des expériences réalisées par les différents groupes

Remédiation quand le groupe réalise l'Expérience 3 : Faire exprimer aux élèves par un questionnement judicieux qu'utiliser deux caractéristiques en même temps ne permet pas de savoir si c'est un seul ou les deux facteurs réunis qui sont responsables du phénomène. Pour cette raison, ils en concluent donc de réitérer l'expérience en ne testant qu'un facteur à la fois.

Remédiation quand le groupe réalise l'Expérience 4 : Faire réfléchir les élèves à ce qu'est le Soleil (étoile qui éclaire dans tous les sens) et ce que nous donne la lampe (éclairage unidirectionnelle). Ils doivent donc ensuite trouver un moyen pour éclairer sans cesse la sphère lorsque celle-ci tourne autour de la lampe. (Réponse attendue : on doit suivre la sphère avec la lampe).

Remédiation quand le groupe réalise l'Expérience 2 : On fait intervenir les deux démarches précédentes successivement.

c) Interprétation :

Cette expérience utilisant la modélisation a permis aux élèves de se rendre compte que pour pouvoir comprendre un phénomène scientifique, il est nécessaire de tester les hypothèses indépendamment les unes des autres afin de repérer le facteur principal responsable de ce phénomène.

On peut également remarquer que dès que les élèves pensent avoir trouvé la solution à un problème en testant une hypothèse, ils ne cherchent pas à prouver que la deuxième hypothèse émise était valable également ou erronée. C'est pourquoi, j'ai dû leur expliquer l'importance de tester l'ensemble des possibilités afin d'encore mieux comprendre le phénomène.

Par ailleurs, l'observation des manipulations des différents groupes met en évidence que la première expérience réalisée est celle de faire tourner la sphère de polystyrène sur elle-même éclairée par la lampe. Cette expérience est plus facile à conceptualiser que la seconde. En effet, la lampe de poche n'éclairant que dans une seule direction contrairement au Soleil qui lui éclaire dans toutes les directions, les élèves devaient réaliser un effort important d'abstraction pour penser à faire bouger la Terre tout en faisant tourner la lampe (on remarque les nombreuses difficultés de manipulation dans les observations) : Il aurait peut-être fallu utiliser une simple ampoule (qui éclaire dans toutes les directions, mais dangereuse pour laisser les élèves la manipuler seuls).

Néanmoins, l'utilisation du modèle a permis aux élèves de modifier efficacement leur représentation initiale. En effet, seuls 20,93% des élèves avait un raisonnement juste avant la manipulation, tandis qu'après celle-ci, presque la totalité des élèves m'affirmait que l'alternance jour/nuit était due au fait que la Terre tourne sur elle-même. De plus, après avoir remédié aux problèmes de manipulation de la deuxième expérience, les élèves pouvaient visualiser facilement que si la Terre tournait autour du Soleil sans tourner sur elle-même, une seule partie de celle-ci serait toujours éclairée tandis que l'autre serait toujours dans la nuit (l'utilisation de la punaise comme repère a d'ailleurs été un facteur essentiel à la compréhension de ce phénomène). L'utilisation du modèle me paraît donc très fonctionnel pour l'explication de ce phénomène.

D) Evaluation de milieu de séquence :

Les élèves ont été évalués sur 3 questions : Quel est le mouvement apparent du Soleil durant la journée ?

Répondre à un Vrai ou faux sur deux affirmations : La Terre tourne autour du Soleil. Le Soleil tourne autour de la Terre.

Cette question avait pour but de vérifier si le raisonnement géocentrique avait définitivement disparu.

Enfin, la dernière question portait sur la raison de l'alternance jour/nuit.

Il est à noter que les élèves n'étaient pas prévenus de cette évaluation car je souhaitais vérifier l'efficacité des différentes manipulations utilisant la modélisation.

	Nombre d'élève de la classe de CM1 (sur 26)	Nombres d'élèves CM1 de la classe de CM1/CM2 (sur 8)	Nombres d'élèves CM2 de la classe de CM1/CM2 (sur 11)
Elèves n'ayant aucune erreur	15	4	7
Elèves ayant une erreur	7	1	3
Elèves ayant deux erreurs	4	3	1
Elèves ayant trois erreurs	0	0	0
Elèves ayant eu faux à la première question : Quel est le mouvement apparent du Soleil durant la journée ?	3	2	1
Elèves ayant eu faux à la deuxième question : La Terre tourne autour du Soleil ou l'inverse ?	2	1	0
Elèves ayant eu faux	10	4	4

à la troisième question : Quel phénomène permet l'alternance jour/nuit ?			
--	--	--	--

Tableau n°6 : Résultats de l'évaluation de milieu de séquence

a) Interprétation des résultats :

On remarque qu'un grand nombre d'élèves ont réalisé ce questionnaire avec succès (26 sur 45, ce qui représente 57,8% de l'ensemble des élèves). 13,3% des élèves pensent que le Soleil se lève à l'Ouest et se couche à l'Est. Cette erreur peut être expliquée par la première modélisation réalisée par les élèves. En effet, dans celle-ci, on remarque que les ombres du matin sont dirigées vers l'ouest. Le relevé les a donc plus marqué que la position de la lampe durant cette manipulation. Il sera donc intéressant d'observer plus particulièrement ces élèves durant la prochaine modélisation démontrant le sens de rotation de la Terre car elle nécessite de connaître le mouvement apparent du Soleil durant la journée.

D'autre part, 6,7% des élèves ont encore un raisonnement géocentrique. La première modélisation peut être la cause de cette réponse erronée. Cette manipulation est en effet susceptible de créer des confusions auprès des élèves car dans celle-ci, la lampe représentant le Soleil est en mouvement, on pourrait donc croire que c'est bien le Soleil qui tourne autour de la Terre. Le fait que ces élèves ont cette représentation n'a pu être détecté avant, car lors de la séance sur l'alternance jour/nuit, aucun élève n'avait eu de raisonnement géocentrique dans leur représentation initiale et n'avait manipulé comme si la Terre était au centre lors de cette même séance. De plus, parmi ces 3 élèves, un était absent durant la séance dernièrement citée, et avait déjà eu un raisonnement géocentrique sur la première question de la séquence. Un autre de ces 3 élèves avait eu un raisonnement naïf sur l'alternance jour/nuit.

Enfin, 40% des élèves ont eu une réponse erronée concernant l'alternance jour/nuit. Parmi ces élèves, certains n'ont tout simplement pas répondu, d'autres ont considéré que l'alternance jour/nuit était due au fait que la Terre tourne autour du Soleil et quelques

élèves ont mentionné que cela était dû au fait que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

On remarque également que pour cette dernière question, les élèves se sont bien souvenus des hypothèses formulées lors de la séance mais pas du résultat émis. De plus, pour cette manipulation, les élèves devaient faire preuve d'un grand niveau d'abstraction. Cela peut être dû à une mise en commun pas assez conséquente en terme de temps, ou encore à mes interventions peut-être trop brèves auprès des groupes. Le fait que cette dernière notion, contrairement aux autres, n'avait pas encore fait l'objet d'un rappel avec l'ensemble du groupe classe a également pu contribuer à ce que les élèves ne répondent pas juste à la dernière question.

On remarque que le raisonnement naïf n'apparaît plus, même si il ne faut pas négliger les non-réponses de certains élèves qui pourraient cachées des raisonnements de cet ordre. Concernant ce type de raisonnement, il est à noter que les trois élèves ayant eu un raisonnement naïf dans leur représentation initiale de l'alternance jour/nuit ne l'ont plus exprimé ici. Parmi ces 3 élèves, un n'a pas répondu, un autre a dit que cela était dû au fait que la Terre tourne autour du Soleil et le dernier a bien répondu à la question.

E) Analyse fin de Séance 3, sens de rotation de la Terre :

Après avoir mis en évidence la rotation de la Terre sur elle-même, lors de la dernière modélisation, le sens de rotation de celle-ci était le nouveau sujet à aborder. Le protocole de l'expérience a été directement fourni aux élèves car je doutais que les élèves puissent arriver à le formuler. :

« «Jeu de rôle» où les élèves prennent eux-mêmes la place de la Terre et du Soleil.

Plusieurs élèves réalisent une «ronde inversée», représentant ainsi des observateurs répartis sur la surface de la Terre (Annexe 9). Un élève représentant le Soleil reste fixe à l'extérieur de la ronde. Les élèves détermineront le sens de rotation de la Terre en tournant dans un sens et dans l'autre»

Aux extrémités du grand tableau étaient écrits les points cardinaux comme points de repère.

Comme pour la séance n°3, afin que les élèves différencient bien modèle et réalité, un tableau (Annexe 10) montrant ce qu'il se passe dans le modèle a été fourni aux élèves. Ceux-ci devaient expliquer ce qu'il se passait dans la réalité.

Cet exercice n'a posé aucun problème pour l'ensemble des groupes des deux classes.

a) Résultats Classe de CM1/CM2 puis classe de CM1

La majorité des groupes ont su se servir des points cardinaux du tableau et ont compris que les élèves formant la ronde devaient voir arriver le Soleil du côté Est car ils ont mis en relation la notion apprise en séance 2 et cette modélisation. « On doit voir apparaître le Soleil à l'Est car le Soleil se lève à l'Est. ».

Pour décrire le sens de rotation, certains groupes ont utilisé l'expression : « tourner vers la gauche », d'autres ont dit « tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ».

Cependant, j'ai dû intervenir auprès de certains groupes afin de les faire réfléchir sur leurs actions, sur les outils dont il pouvait se servir.

Groupe C	Ce groupe tournait dans un sens puis dans l'autre mais n'arrivait pas à déterminer réellement dans quel sens tournait la Terre. Je leur ai alors rappelé qu'il y avait des « choses » indiquées qui leur seraient utiles. C'est alors, qu'ils ont repéré les points cardinaux et ont recommencé leur modélisation. Ils sont, ensuite, arrivés à la bonne conclusion.
Groupe A	Ce groupe m'affirmait bien qu'il fallait tourner dans le sens comme si le Soleil se levait à l'Est. Ces élèves m'ont donc cité les bons paramètres pour pouvoir mener à bien l'expérience. Néanmoins, ils m'affirmaient que la Terre tournait dans le sens des aiguilles d'une montre car ils allaient vers l'Est. Je leur ai dit de se focaliser sur quel point cardinal il devait voir en premier. Ils m'ont dit « l'Est ». Je leur ai alors demandé de réaliser à nouveau l'expérience. Je les ai ensuite questionné sur ce qu'il voyait en premier en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre : « l'ouest ». Ils se sont donc rendus compte de leur erreur et l'ont rectifiée.

Tableau n°7 : Remédiation auprès des groupes sur le sens de rotation de la Terre

Fin de séance 3, classe de CM1 : Pas de problème particulier, tous les groupes ont trouvé qu'il fallait tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

b) Interprétation de ces résultats :

Les élèves étaient un peu agités durant cette expérience. En effet, réaliser une ronde inversée était pour eux très amusant, et la forme était très inhabituelle pour la réalisation d'une expérience. Néanmoins, les élèves ont su faire preuve d'abstraction et réutiliser les notions précédemment vu durant la séquence, afin de découvrir une nouvelle notion. Le fait d'utiliser cette modélisation en « jeu de rôle » est un bon moyen de marquer les esprits des élèves. En effet, lors du rappel réalisé à la séance suivante, la majorité des élèves s'est souvenue de la modélisation et du résultat.

D'autre part, lors de l'évaluation, certains élèves avaient répondu que le Soleil se levait à l'Ouest, or, aucun groupe n'a mentionné cette idée dans le résultat final. Cela est dû aux différents échanges tenus au sein des groupes où il y avait des divergences sur cette question. J'ai donc assisté à des petits « débats » dans lesquels je ne suis pas intervenu. Dans chacun de ces groupes, l'idée que le Soleil se lève à l'Est l'a emporté. En effet, les élèves se sont rappelés de la modélisation qui avait été utilisée durant la séance n°2 et ont expliqué aux autres pourquoi le Soleil se levait à l'Est et non à l'Ouest.

F) Analyse séance 4 :

a) Hypothèses et première expérience de la Classe de CM1 :

Au début de cette séance, les élèves devaient répondre à une question permettant de connaître leurs représentations initiales : « Le Soleil se lève-t-il et se couche-t-il tous les jours à la même heure ? ». L'ensemble des élèves de cette classe ont répondu « non ».

Les élèves ont, ensuite, étudié un tableau des heures de levers et de couchers du Soleil le 21 de chaque mois de l'année 2018 (Annexe 11). Ils ont remarqué que les heures différaient

et que les journées étaient plus longues en été qu'en hiver. Pour en expliquer la cause, ils ont émis l'hypothèse suivante : « en été le Soleil est plus proche de la Terre qu'en hiver ». L'expérience pour tester cette hypothèse a été rapidement proposée par les élèves et était celle attendue :

« Utiliser une sphère en polystyrène, représentant la Terre, une lampe-torche représentant le Soleil et une punaise représentant la France. On éloigne la lampe et la sphère puis on les rapproche afin de vérifier si le temps d'ensoleillement varie. »

Suite à la réalisation de l'expérience, l'ensemble des groupes a trouvé que l'hypothèse était fausse.

Remarques : Les élèves ont eu des difficultés à émettre une hypothèse.

Par ailleurs, Le recours à la modélisation devient automatique pour les élèves afin de tester des hypothèses. Cela montre qu'ils assimilent de plus en plus la notion de modèle et désirent s'en servir pour expérimenter.

b) Hypothèses et première expérience de la Classe de CM1/CM2 :

De la même manière que la classe de CM1, les élèves ont eu à répondre à la même question. Une seule élève a répondu que le Soleil se couchait et se levait à la même heure tous les jours.

L'analyse du tableau des levers et couchers de Soleil a permis aux élèves d'émettre les hypothèses suivantes : « La Terre se rapproche du Soleil en été et s'éloigne l'hiver. » ; « La Terre ne réalise pas un cercle parfait autour du Soleil ».

Remarque : Deux élèves ont proposé que la Terre tournait moins vite en été qu'en hiver. Je leur ai répondu que c'était « une excellente remarque mais que pour cette expérience, on va considérer que la Terre tourne à la même vitesse. »

Le même protocole que la classe de CM1 a été rédigé. Ce qui prouve une nouvelle fois, que l'utilisation d'un modèle pour expliquer un phénomène non directement observable devient un moyen évident, pour les élèves, pour tester les différentes hypothèses.

Lors de l' expérimentation, la majorité des groupes s'est rendue compte que les hypothèses étaient liées entre elles. De plus, ils ont remarqué que quelque soit la distance entre la Terre et le Soleil, la partie éclairée est identique.

Un seul groupe (D) affirmait que la première hypothèse était vraie. Je me suis donc attardé sur leur manipulation.

J' ai demandé aux élèves d'expliquer leur raisonnement, ils m'ont répondu que : « lorsqu'on approche lampe, la Terre est plus éclairée et quand on l'éloigne, elle est moins éclairée. ». Je me suis alors rendu compte qu'ils me parlaient de l'intensité lumineuse et non de la surface éclairée. Je leur ai donc demandé qu'elle était le but de l'expérience. Ils ont consulté leur cahier et m'ont répondu « de vérifier si le temps d'ensoleillement était plus ou moins long ». Je leur ai alors dit : « Sur quoi on doit donc s'attarder ? » : « la taille de la partie éclairée. ». Ils ont donc recommencé leur modélisation et ont remarqué comme les autres groupes que la partie éclairée restait inchangée.

Tableau n°8 : Remédiation auprès du groupe D pour la première expérience de la séance n°4.

Lors de la mise en commun, on a donc conclu que les hypothèses étaient fausses.

c) Réalisation de l'expérience par tâtonnement (Classe de CM1 et CM1/CM2) :

J'ai alors invité les élèves à utiliser le matériel, sur le principe du tâtonnement, pour essayer d'agrandir ou de raccourcir le temps d'ensoleillement en France (Annexe 12).

Pour les groupes qui éprouvaient des difficultés, je leur ai dit qu'il y avait un « indice » dans la classe. Ils ont donc regardé partout et ont tous pensé à utiliser le globe terrestre. Ils ont ainsi remarqué que la Terre était représentée inclinée. Ils ont donc manipulé en inclinant la sphère.

	Groupes ayant trouvé la solution par tâtonnement	Groupes ayant trouvé la solution en exploitant l'indice du Globe terrestre
Groupes	2, 3, 4, 6, B, D, E	1, 5, 7, 8, A, C, F, G

Tableau n°9 : Résultats des expériences par tâtonnement

Lors de la nouvelle mise en commun, les élèves ont retenu que : « Si on incline la boule et qu'on place un repère (la France), on remarque que si celle-ci est inclinée dans un sens ou dans l'autre, la surface et la durée d'ensoleillement ne sont pas les mêmes. Donc, selon l'inclinaison de la Terre, la durée de la journée en France ne sera pas la même. »

En outre, on peut dire que l'usage de la modélisation est un facteur de motivation pour les élèves. En effet, ceux-ci aiment manipuler le matériel et rechercher les bonnes réponses.

G) Analyse séance 5 :

Cette séance n'a été travaillée que par la classe de CM1/CM2.

Les saisons et leurs caractéristiques en fonction des positions de la Terre. Les élèves devaient répondre à la question : A quoi sont dues les saisons ?

Lors de la mise en commun, les élèves ont caractérisé les saisons notamment par rapport au climat.

a) Emission d'hypothèses et manipulation :

Un élève voulait proposer une hypothèse mais éprouvait des difficultés à la formuler, mais grâce à ses gestes, j'ai compris ce qu'il voulait dire. Je l'ai donc aidé à exprimer son idée, ce qui a abouti à l'hypothèse suivante : « l'inclinaison de la Terre est toujours dans le même sens mais selon sa position lorsqu'elle tourne autour du Soleil, elle est inclinée différemment par rapport au Soleil. »

Après avoir formulé cette idée, un autre élève a alors exprimé l'idée contraire : « Durant son tour autour du Soleil, la Terre change d'axe d'inclinaison. »

L'expérience proposée, ensuite, par les élèves pour tester ces hypothèses était une nouvelle fois d'utiliser la modélisation avec la sphère de polystyrène, la lampe et la punaise.

Avec les élèves, nous avons également défini les différentes étapes de la manipulation :

Tout d'abord, trouver le positionnement de la Terre par rapport au Soleil lorsqu'on est en hiver en France. Ensuite, trouver le positionnement de la Terre par rapport au Soleil

lorsqu'on est en été en France.

Enfin, les élèves devaient mettre en relation les deux positionnements.

Par manque de temps, les élèves n'ont pu réaliser que les deux premières étapes.

A, C, D, E, F	Sur les sept groupes, cinq ont rapidement trouvé les bonnes positions de la Terre car ils ont mis en relation cette expérience avec le tableau des heures de levers et couchers du Soleil de la séance 4. « En été, la durée de la journée est plus longue qu'en hiver. »
G	Un autre groupe a inversé les positions car les élèves n'ont pas pris en compte le repère de la France, ils ont donc donner les positions de la Terre en été et en hiver en fonction de l'hémisphère Sud. Il sera intéressant d'utiliser leur représentation pour expliquer les différences de saison entre les deux hémisphères.
B	Le dernier groupe a quant à lui penché progressivement la sphère mais n'est pas allé assez loin dans ses investigations. Les élèves ont, de plus, essayé de trouver les positions de la Terre en automne et au printemps. On voyait une évolution de l'inclinaison de la Terre. En effet, en hiver, elle était beaucoup « penchée », un peu moins en automne, encore un peu moins au printemps et toujours un peu moins en été.

Tableau n°10 : Résultats des expériences de la séance n°5

Lors de la mise en commun, les élèves ont mis en relation le positionnement de la Terre en hiver et en été, ils ont remarqué que l'axe d'inclinaison était conservé (Annexe 13). Les termes de solstices d'hiver et d'été et d'équinoxes de printemps et d'automne ont ensuite été abordés. Les élèves n'ont pas manipulé la « Terre » pour les saisons printemps et automne. Il sera donc intéressant d'observer les élèves manipuler lors de l'évaluation (Observer si ils mettent en lien la conservation de l'axe d'inclinaison et la notion d'équinoxe.)

H) Evaluation

a) Résultats de la Classe de CM1/CM2

Les élèves avaient à leur disposition quatre sphères de polystyrène de taille moyenne transpercées par des bâtons d'esquimaux, une grande sphère de polystyrène, une lampe-

torche, des feutres et une planche en carton où était déjà dessiné le sens de rotation de la Terre autour du Soleil. Par manque de matériel, malheureusement, j'ai dû mélanger les groupes.

Consigne : « Utiliser ce matériel pour représenter le cycle des saisons »

Groupe E, avec deux membres du groupe D	groupe 1 : excellent travail : les élèves ont colorié les sphères convenablement en s'aidant des zones éclairées. Ils ont incliné comme il fallait la Terre quand c'est l'été en France, et lorsque c'est l'hiver. En se rappelant de la notion des équinoxes, ils ont colorié la Terre pour l'automne et le printemps en 2 parties égales et ont placé les sphères de sorte que l'axe d'inclinaison de la Terre soit toujours le même.
Groupe B avec deux membres du groupe A	groupe 2 : Excellent travail : les élèves ont adopté la même démarche que le groupe 1.
Groupe C, avec un membre du groupe A et un membre du groupe G	<p>groupe 3 : Les élèves ont très bien réussi à représenté la planète pour les saisons été et hiver. Mais ils étaient en difficulté pour représenter les planètes pour les saisons printemps et automne.</p> <p>Je leur ai donc demandé de placer sur le socle la planète en été et en hiver et ensuite de me donner leur avis sur le placement possible de la Terre en automne et au printemps. Ils ont placé convenablement la Terre en été et en hiver, et une élève du groupe a, par la suite, placer convenablement les sphères représentant la Terre au printemps et en automne de façon à ce que l'axe d'inclinaison soit conservé.</p> <p>Les élèves ont ensuite colorié les sphères sans se soucier des équinoxes, ils les ont simplement éclairé et ont remarqué qu'il suffisait de la partager en deux parties : une éclairée et une dans la nuit.</p>
Groupe F, avec un membre du groupe G et un membre du groupe D	<p>Groupe 4 :</p> <p>ce groupe a voulu se partager le travail. Chaque élève coloriait une sphère (ils ont tous colorié la moitié de la sphère en jour et l'autre en nuit, sans utiliser les lampes pour s'aider, c'est pourquoi lors de la mise en commun, ils se sont rendus compte qu'il y avait un problème, les parties qui devaient</p>

	être éclairées, ne l'étaient pas et inversement. Ils n'arrivaient donc pas à placer correctement leurs planètes (dilemme entre choisir la logique du coloriage et de la conservation de l'axe d'inclinaison).
--	--

Tableau n°11 : Résultats de l'évaluation

(Annexe 14)

b) Interprétation :

Très grande source de motivation, à l'annonce de cette modalité d'évaluation, les élèves semblaient contents et intéressés. Ce qui n'est pas souvent le cas avec les évaluations écrites. L'attitude des élèves était également intéressante. En effet, ils étaient très appliqués pour réussir leur tâche.

La difficulté était de gérer les échanges au sein du groupe. En effet, les élèves des deux premiers groupes coopéraient facilement. Alors que pour le troisième groupe, on remarquait aisément qu'il y avait deux élèves dominantes qui avaient des difficultés à partager le travail avec les autres membres du groupe (elles prenaient tout en charge, coloriage, manipulation). Les deux autres membres du groupe étaient sur le côté et n'essayaient pas de s'imposer. C'est pourquoi j'ai dû intervenir afin de leur faire exprimer quelles tâches ils souhaitaient exécuter afin de réaliser cette maquette. Je les ai ensuite invités à se répartir les rôles selon les différentes tâches à accomplir.

Pour le quatrième groupe, c'était le contraire, les élèves se sont répartis chacun une saison afin de gagner du temps mais personne ne contrôlait le travail de l'autre, le manque d'interaction a donc nui à l'accomplissement de la tâche.

VI) Améliorations de la séquence :

Utiliser d'autres supports que la modélisation qui aideraient certains élèves à qui cet outil ne convient pas. Par exemple, utiliser des schémas ou des outils numériques pour corriger et mieux visualiser les phénomènes lors des mises en commun auraient, peut-être, aidé davantage certains élèves à comprendre les différentes notions.

J'ai privilégié l'hétérogénéité au sein des groupes afin d'éviter des différences de performance entre ceux-ci. J'ai pu remarquer qu'un petit nombre d'élèves était moins actif

que d'autres lors des différentes activités proposés. Il aurait été sûrement souhaitable de donner une responsabilité à ces élèves, au sein des groupes, comme par exemple, le rôle de rapporteur ou de scripteur, afin qu'ils aient un plus grand investissement dans la démarche de recherche du groupe. Il est vrai qu'ils répondaient bien lors des différentes questions de réinvestissement, mais ils n'ont pas construit leurs apprentissages.

Je me suis également rendu compte que, durant les premières séances, lorsque j'intervenais auprès des groupes, j'écoutais les idées des premiers élèves qui prenaient la parole, j'aurais dû accorder un temps de parole à chacun des membres du groupe. J'aurais pu distribuer des rôles comme cité précédemment afin que tous les élèves participent lors de ces échanges. C'est pour cela que je m'efforçais, durant les séances suivantes, d'interroger des élèves prenant peu la parole lors de mes interventions. Ce mode de fonctionnement était chronophage et pouvait nuire aux autres groupes, car, paradoxalement, en voulant aider individuellement chaque groupe, le questionnement prenait plus ou moins de temps, ce qui occasionnait, parfois, un déséquilibre de mon temps de présence auprès de chaque groupe.

L'usage de « fiches aides » auraient peut-être été bénéfique afin de mieux réguler mes interventions et pour aider les groupes ne trouvant pas de solutions. Les élèves pourraient vérifier si leur raisonnement était bon et cela éviterait, durant l'attente de l'intervention de l'enseignant, une démotivation en cas d'échec.

Concernant le matériel, l'utilisation d'une lampe de poche qui n'éclaire que dans une seule direction peut être source de difficultés car elle réduit les possibilités des élèves lors de l'utilisation du modèle comme outil de recherche. Il aurait été sûrement préférable d'utiliser une ampoule qui ressemble plus au Soleil quant à la diffusion de la lumière. Cependant, les élèves ne pourraient pas travailler directement avec celle-ci (par souci de sécurité) mais n'oublieraient pas l'idée que le Soleil envoie des rayons lumineux dans toutes les directions qui lui sont offertes. Le travail d'abstraction serait donc favorisé. Autre possibilité : les élèves utilisent toujours leur lampe mais une ampoule serait installée dans la classe pour servir de référence.

Le manque de matériel pour la séance d'évaluation était également dommageable. En effet, les élèves ont donc été répartis par cinq au lieu de trois habituellement. Les conditions n'étaient pas les plus propices pour favoriser l'activité de tous les élèves qui étaient nombreux.

VII) Conclusion :

Les résultats de l'évaluation finale des élèves sont convaincants. Cela prouve que l'usage de la modélisation est efficace pour étudier les phénomènes non directement observables. Elle est une source de motivation pour les élèves qui aiment manipuler. Elle a un certain aspect ludique. L'idée de faire évoluer un modèle au fur et à mesure de la séquence a permis de réinvestir efficacement les notions abordées au cours des différentes séances, mais également, l'appropriation de celui-ci. Les élèves concevaient en effet, de plus en plus rapidement les expériences nécessaires pour répondre à un problème en ayant recours à la modélisation et conceptualisaient mieux les phénomènes. La modélisation est donc un moyen de rendre des notions abstraites en un outil concret avec lequel on peut tester plusieurs hypothèses. Cela permet de donner du sens à l'apprentissage des phénomènes non directement observables.

Le fait de travailler avec deux classes, avec un effectif total important, m'a permis de conforter l'idée que l'usage de la modélisation était bénéfique afin d'étudier les phénomènes non observables, car j'avais beaucoup de données à analyser. Cependant, il est évident que mes élèves ne sont pas représentatifs de l'ensemble des élèves de France. Un travail à plus grande échelle permettrait d'affiner cette recherche.

BIBLIOGRAPHIE :

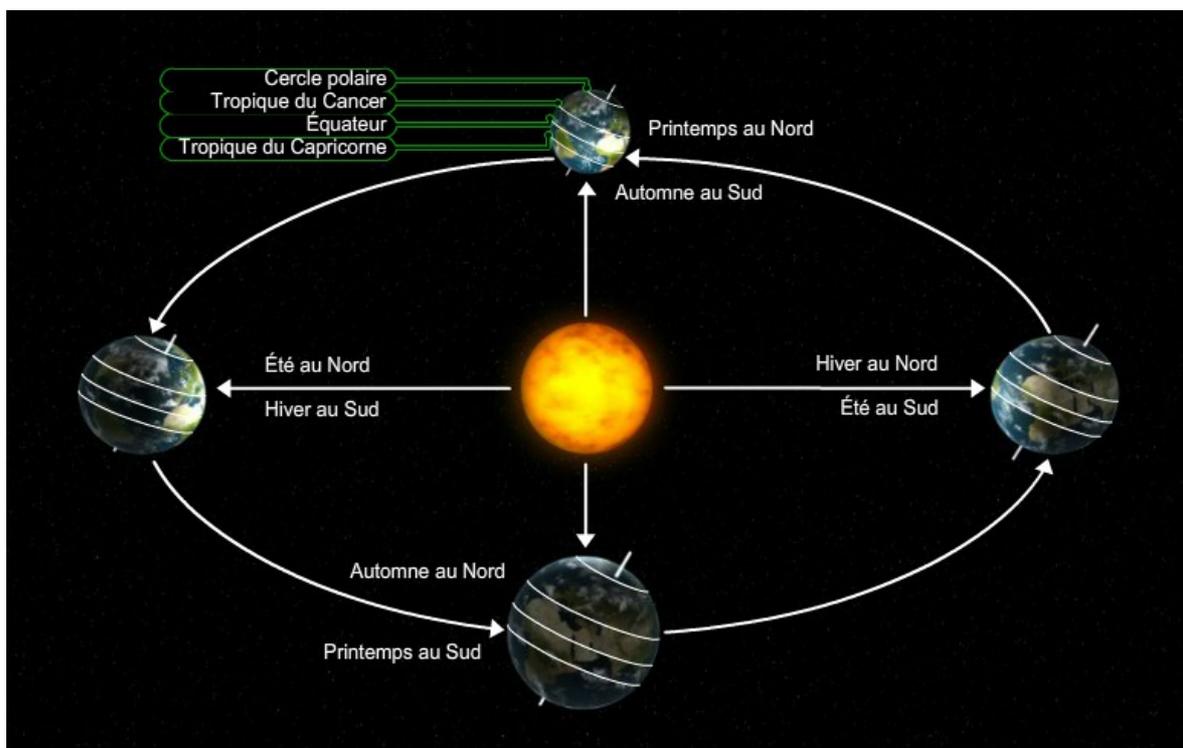
- Arbaret L., 2012, *La Modélisation en Sciences de la Terre*
- Astolfi J-P. , Develay M , 1989, *La didactique des sciences*, puf
- Coquidé M. , Le Maréchal J-F, 2006, *Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts* , Paris, Aster

- Dedieu L. , Kluba M. , Panis L. , Raoul-Bellanger A., 2016, *Sciences CMI Programmes 2016*, Paris, Retz.
- Drouin A-M. ,1988, *Le modèle en questions*, Paris, Aster
- Rolando J-M. , 2003, *Astronomie à l'école élémentaire : quelques réflexions sur la construction des compétences...*,

- *Modéliser à l'école élémentaire ?*, 1988, Aster n°7

- Site Eduscol

Annexe 1 : Schéma du cycle des Saisons



Annexe 2 : Fiches de préparation de chaque séance de la Séquence

Domaine : Sciences		Cycle :3	Niveau : CM1/CM2	Place de la séance dans la séquence :1	
Titre : Observations du mouvement apparent du Soleil					
Objectif(s) de la séance :Mettre en place une expérience permettant d'observer le mouvement apparent du soleil					
Référence au B.O. :Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons). » Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.					
Compétences du socle : <ul style="list-style-type: none"> - proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème ; - proposer des expériences simples pour tester une hypothèse - formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale. 					
Pré requis : Savoir que la Terre fait partie d'un univers très vaste composé de différents types d'astres . » De l'espace connu à l'espace lointain : <ul style="list-style-type: none"> • les pays, les continents, les océans ; • la Terre et les astres (la Lune, le Soleil, ...). 					
Identifier les rythmes cycliques du temps . Lire l'heure et les dates . » L'alternance jour/nuit . » Le caractère cyclique des jours, des semaines, des mois, des saisons . » La journée est divisée en heures . » La semaine est divisée en jours . Les points cardinaux.					
Matériel :					
Les phases (Titre + durée)	Déroulement		Consignes	Organisation	Matériel

Situation de départ	L'enseignant pose la question suivante « Quel est le trajet du Soleil dans la journée ? » : Le but pour l'enseignant est de recueillir les représentations des élèves sur feuille. Mise en place de la problématique : « Comment déterminer précisément le mouvement apparent du Soleil ? ».	Quel est le trajet du Soleil dans la journée ? Pour répondre à cette question, vous pouvez écrire quelques lignes ou réaliser un dessin.	Individuel écrit	
Questionnement/ hypothèses	<p>Questionner les élèves : « Quel dispositif peut-on mettre en place pour observer les mouvements apparents du Soleil sans le regarder directement ? ».</p> <p>Laisser les élèves travailler, par groupes de 3, sur le protocole à mettre en place afin de réaliser l'expérience.</p> <p>Ensuite, une mise en commun est réalisée. L'enseignant confronte les idées des différents groupes.</p>	Quelle expérience peut-on mettre en place pour observer les mouvements apparents du Soleil ?	Par groupes de 3	
Elaboration d'un protocole / Prise de relevés	<p>Après avoir confronté les différentes idées. L'enseignant met en place avec les élèves l'expérimentation.</p> <p>Protocole attendu : Pour observer les mouvements apparents du Soleil, nous pouvons utiliser l'ombre d'un repère à différents moments de la journée. Les relevés seront réalisés à peu près toutes les 2h entre 8h30 et 16h30, ce qui correspond aux heures de récréations et d'entrée et sortie de l'école. On regardera à chaque fois où se trouve le Soleil par rapport à l'ombre. Sur notre feuille de relevés, nous devons indiquer les points cardinaux (nord, sud, est, ouest) repérés auparavant avec une boussole</p> <p>On réalise ensuite le premier relevé mise en place de l'expérience.</p>	<p>Pour garder en mémoire l'expérience que nous avons décidé de réaliser, nous allons la rédiger dites moi ce que nous pouvons écrire.</p> <p>Préparez le matériel nécessaire nous allons effectuer le premier relevé.</p>	<p>Collectif écrit (dictée à l'adulte)</p> <p>Collectif oral</p> <p>Collectif écrit au niveau du relevé</p>	

Bilan avec les élèves	Demander aux élèves ce qu'ils ont appris pendant cette séance		Collectif oral	
-----------------------	---	--	----------------	--

Domaine : Sciences		Cycle : 3	Niveau : CM1/CM2	Place de la séance dans la séquence : 2
Titre : Déterminer les mouvements apparents du Soleil.				
Objectif(s) de la séance : Modéliser le mouvement apparent du soleil				
Référence au B.O. : Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons). » Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.				
Compétences du socle : <ul style="list-style-type: none"> - interpréter un résultat, en tirer une conclusion - Utiliser le matériel adapté pour mener une observation, effectuer une mesure, réaliser une expérience ou une production. - Garder une trace écrite ou numérique des recherches, des observations et des expériences réalisées. - Organiser seul ou en groupe un espace de réalisation expérimentale. - Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit. 				
Matériel : Lampe torche, pâte à fixe, bâton d'esquimau, relevé des ombres.				
Les phases (Titre + durée)	Déroulement	Consignes	Organisation	Matériel
Rappel	Rappel de la séance précédente (protocole mis en place, pour quelle raison?)		Collectif	
	On reprend ensuite avec les élèves les différents relevés effectués suite	Analyse les	Par groupes, puis	

Observation, émission d'hypothèses	à la séance précédente. Par groupe, les élèves analysent les relevés obtenus. On s'attend à ce que les élèves remarquent que les ombres sont plus ou moins courtes avec une orientation différente en fonction de l'heure.	relevés obtenus et fais des hypothèses concernant les mouvements du Soleil durant la journée	collectif	
Expérimentation	L'enseignant distribue le matériel : bâton d'esquima u, lampe torche, le relevé des ombres et la pâte à fixe. Puis, il donne la consigne. On laisse manipuler les élèves librement, par tâtonnement expérimental. A l'aide du modélisation, les élèves vont devoir recréer, le mouvement apparent du Soleil au cours de la journée. On réalise ensuite une mise en commun afin d'expliquer le phénomène. On confrontera le modèle au réel. (la lampe torche correspond au Soleil).	Utilise ce matériel, afin d'expliquer les mouvements apparents du Soleil.	Par groupes de 3	Bâton d'esquima u, pâte à fixe, lampe torche, relevé des ombres
Synthèse	Sous forme de dictée à l'adulte : Le soleil apparaît vers l'Est le matin et disparaît vers l'Ouest le soir. On réalise ensuite un schéma (pour montrer la hauteur du Soleil)		Collectif écrit	
Bilan avec les élèves	Demander aux élèves ce qu'ils ont appris pendant cette séance			

Domaine : Sciences	Cycle : 3	Niveau : CM1/CM2	Place de la séance dans la séquence : 3
Titre : L'alternance jour / nuit et sens de rotation de la Terre			
Objectif(s) de la séance : Comprendre que l'alternance jour/nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même.			

Référence au B.O. : Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons). » Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.
Compétences du socle : <ul style="list-style-type: none"> - proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème - formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale - Organiser seul ou en groupe un espace de réalisation expérimentale. - Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis.
Matériel : Sphères de polystyrène, lampe-torche, punaise

Les phases (Titre + durée)	Déroulement	Consignes	Organisation	Matériel
Rappel et recueil des représentations initiales	<p>Rappel des notions vues lors des séances précédentes.</p> <p>L'enseignant recueille de la même manière que la séance n°1 les représentations des élèves.</p> <p>On réalise une mise en commun et sélectionne les hypothèses à tester afin d'aboutir à la problématique suivante : « Comment expliquer le phénomène des jours et des nuits tout au long de l'année ? ».</p>	Explique pourquoi il y a des jours et des nuits. Tu peux faire un dessin ou écrire un petit texte afin d'expliquer.	individuel	
Formulation d'hypothèses	<p>Hypothèses attendues : «le Soleil tourne autour de la Terre », «la Terre tourne autour du Soleil» et «la Terre tourne sur elle-même».</p> <p>Les groupes d'élèves vont devoir mettre en place un protocole afin de vérifier les hypothèses émises lors de la phase précédente.</p>		Individuel puis en collectif	
Expérimentation	<p>Par groupes les élèves vont devoir vérifier les hypothèses et remplir les tableaux mettant en relation le modèle et la réalité</p> <p><u>La séance se déclinera en deux étapes successives</u></p> <p><u>Expérimentation , modélisation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de matériel : Sphère de polystyrène (Terre), lampe (le 	Utilisez le matériel et	Par groupes	Sphère de polystyrène, lampe,

	<p>Soleil) , punaise (France)</p> <p><u>Partie dirigée</u> : les élèves vont faire l'expérience du sens de rotation de la terre sur elle-même.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ils prendront eux-mêmes la place de la Terre et du Soleil. <p>Plusieurs élèves réalisent une «ronde inversée»(dos au centre de la ronde), représentant ainsi des observateurs répartis sur la surface de la Terre (ou plus simplement la circonférence de la Terre) . Un élève représentant le Soleil reste immobile à l'extérieur de la ronde. Les élèves détermineront le sens de rotation de la ronde de manière à ce qu'ils «voient» le Soleil « passer » de leur gauche vers leur droite (d'Est en Ouest) (voir prérequis), comme ils l'ont remarqué sur le terrain lors des relevés d'ombre et de positions du soleil. Ils devront donc, pour cela, tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.</p> <p>Les élèves devront remplir un tableau montrant ce qu'il se passe avec le modèle et explique ce qu'il se passe dans la réalité.</p>	<p>expliquez l'alternance jour/nuit</p> <p>Complétez ce tableau...</p> <p>Consignes d'explication de la situation et de mise en place.</p>	<p>Individuel écrit</p> <p>Par groupes</p>	<p>punaise</p>
Synthèse	<p>Dictée à l'adulte : :La Terre tourne sur elle-même, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Elle met 24 heures pour réaliser ce tour. Cela provoque l'alternance des jours et des nuits.</p>	<p>En résumé que pouvons-nous écrire ?</p>	<p>Collectif écrit</p>	
Bilan avec les élèves	<p>Demander aux élèves ce qu'ils ont appris pendant cette séance</p>			

Domaine : Sciences		Cycle :3	Niveau : CM1/CM2	Place de la séance dans la séquence : 4
Titre : Pourquoi la durée de la journée change-t-elle au cours de l'année ?				
Objectif(s) de la séance : Démontrer que la durée de la journée et de la nuit dépend de 'inclinaison de la terre.				
Référence au B.O. : Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons). » Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.				
Compétences du socle : <ul style="list-style-type: none"> - proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème - formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale - Organiser seul ou en groupe un espace de réalisation expérimentale. - Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis. 				
Matériel : Globe terrestre, sphères de polystyrène transpercées par une baguette, lampes de poches.				
Les phases (Titre + durée)	Déroulement	Consignes	Organisation	Matériel
Rappel sur l'alternance jour / nuit et poser la problématique de la durée variable de la journée (10 min)	<p>Rappel de la séance précédente : Comment expliquez-vous qu'il fasse nuit, puis jour, puis nuit... ? Les élèves expliquent que s'il y a alternance du jour et de la nuit, c'est parce que la Terre tourne sur elle-même. Elle effectue un tour en 24 heures. Cette durée est appelée « jour ». C'est la durée cumulée d'une journée et d'une nuit consécutive.</p> <p>Faire un point sur le vocabulaire : Journée : Période durant laquelle le soleil est visible dans le ciel. Nuit : Période durant laquelle le soleil n'est pas visible dans le ciel.</p> <p>Questionner les élèves et poser la problématique de la séance :</p>		Individuel puis en collectif	

	<p>Le soleil se couche-t-il toujours à la même heure ? Pourquoi la durée de la journée varie-t-elle au cours de l'année ?</p> <p>Distribution d'un tableau indiquant les heures de levers et couchers du soleil le 21 de chaque mois de l'année 2018 en Île de France : Les élèves doivent calculer la durée d'ensoleillement.</p> <p>L'enseignant demande aux élèves si ils ont des remarques à exprimer.</p> <p>Réponses attendues : Les journées sont plus longues en été. Les journées sont plus courtes en hiver.</p> <p>Problématique : Comment peut-on expliquer que la journée soit plus longue en été qu'en hiver ?</p>	<p>Lisez ce tableau et complétez-le.</p>	<p>Individuel écrit</p> <p>Collectif oral</p>	
<p>Tester les hypothèses (15 minutes)</p>	<p>Découverte du matériel</p> <p>L'enseignant présente le globe terrestre sur lequel un repère a été tracé au feutre et qui correspond à la situation géographique de l'école.</p> <p>Le maître distribue un globe en polystyrène à chaque groupe d'élèves.</p> <p>Demander aux élèves de noter leurs hypothèses par rapport à la problématique.</p> <p>Les élèves doivent écrire sur leur cahier d'expériences les hypothèses permettant d'expliquer cette variabilité de la durée de la journée au cours de l'année.</p> <p>Hypothèses attendues : la Terre est plus éloignée du Soleil en hiver qu'en été.</p> <p>Le soleil est plus bas en hiver.</p> <p>On invite les élèves à tester leurs hypothèses avec le matériel</p> <p>L'enseignant circule dans les groupes pour valider les conclusions ou aider les élèves dans leurs essais et dans leurs discussions.</p> <p>Insister sur le fait que la durée de rotation de la Terre sur elle-même est toujours la même, quelle que soit la position de la Terre lorsqu'elle tourne autour du soleil.</p>	<p>Ecrivez vos hypothèses sur votre cahier.</p> <p>Vérifiez vos hypothèses avec le matériel.</p>	<p>Par groupes</p> <p>Ecrit par groupes</p> <p>Par groupes</p>	<p>Globe terrestre, sphères transpercées par une baguette, lampes de poche.</p>

	Si la bonne réponse n'apparaît pas parmi les propositions des élèves, inviter les élèves à observer un globe terrestre.			
Mise en commun	L'enseignant demande aux différents groupes d'énoncer leurs hypothèses. Ensuite, à l'aide d'une sphère et d'une lampe, il interroge les élèves sur la validité des hypothèses. Toutes les hypothèses sont mises à l'épreuve. On mettra donc en évidence que si on éloigne le soleil de la Terre, cela n'a pas d'influence sur la durée de la journée (si on tourne la Terre à vitesse constante). Par contre si on change l'inclinaison de la Terre par rapport au soleil, on remarque que la punaise représentant la France passe plus ou moins de temps éclairée par le Soleil.		Collectif oral	Globe terrestre, sphères transpercées par une baguette, lampes de poche.
Synthèse	Sous forme de dictée à l'adulte : La durée du jour varie à cause de l'inclinaison de la Terre et de sa position par rapport au soleil.		Oral-écrit collectif	
Bilan avec les élèves	Demander aux élèves ce qu'ils ont appris pendant cette séance			

Domaine : Sciences	Cycle : 3	Niveau : CM1/CM2	Place de la séance dans la séquence : 5
Titre : Les saisons			
Objectif(s) de la séance : Se rendre compte que l'alternance de la longueur de la journée et de la nuit et donc de l'alternance des saisons sont dues à la conservation de l'orientation de l'axe de la rotation de la Terre.			
Référence au B.O. : Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et			

cycle des saisons). » Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil.				
Compétences du socle : <ul style="list-style-type: none"> - proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème - formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale - Organiser seul ou en groupe un espace de réalisation expérimentale. - Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis. 				
Matériel : Sphères de polystyrène transpercées par une tige, lampes de poche, feutres				

Les phases (Titre + durée)	Déroulement	Consignes	Organisation	Matériel
Rappel et émission d'hypothèses	<p>Rappel de la séance précédente. La durée du jour varie à cause de l'inclinaison de la Terre et de sa position par rapport au soleil. Ce qui supposerait que la Terre non seulement tourne sur elle-même mais qu'elle se déplace dans l'univers et le cycle des saisons existerait prouverait qu'elle tourne autour du Soleil.</p> <p>Demander aux élèves les différences entre les quatre saisons. Puis leur demander « Pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ? ». Hypothèse attendue ; le Soleil est plus proche de la Terre en été. Questionner les élèves : « A quoi sont dues les saisons ? » Hypothèse attendue : « la terre se rapproche et s'éloigne de la Terre ».</p>		collectif	
Expérimentation modélisation	<p>Distribution de matériel :</p> <p>Les élèves ont à leur disposition, pour représenter la Terre, différentes sphères traversées par un axe (matérialisé par une tige) ainsi qu'une source lumineuse. On leur demandera, après avoir reporté approximativement la position de la France sur la sphère, de trouver comment doit être incliné l'axe</p>	Cherchez la position de la Terre par rapport	Par groupes	Sphères transpercées par une tige, lampes de poche, punaise

	<p>pour obtenir une journée très longue par rapport à la nuit (cf tableau d'horaire d'ensoleillement utilisé en séance 4). Ils pourront représenter sur la sphère l'arc de cercle correspondant à cette journée.</p> <p>Ils devraient ainsi, par essais successifs, aboutir à un axe dont le côté nord est incliné vers le Soleil .</p> <p>Ils pourront ensuite passer au cas où la nuit est très longue, toujours en France, par rapport à la journée. Ils seront obligés de déplacer la terre autour du soleil. Ils constateront que l'axe de la Terre est incliné dans la même direction dans les deux cas. On pourra, aussi, définir la notion de solstice d'été et d'hiver.</p> <p>Enfin, ils pourront essayer de positionner la Terre afin d'obtenir une égalité de durée entre la nuit et la journée.(notion d'équinoxe...)</p> <p>Lors de cette dernière manipulation ils devront veiller à ce que l'axe de la Terre pointe toujours dans la même direction.</p> <p>Ils auront pu constater que ce n'est pas parce que la Terre est plus proche du soleil que c'est l'été ...</p>	<p>au soleil quand la France est en été(journée longue)</p> <p>Même consigne: hiver (nuit longue)</p> <p>Même consigne : durée égale journée et nuit</p> <p>Etait-ce donc à cause de l'éloignement de la Terre par rapport au soleil que nous passons de l'été à l'hiver ?</p>		
Synthèse	<p>Synthèse sous forme de dictée à l'adulte : notions attendues : La Terre pointe toujours dans la même direction, ce qui explique les différences entre les saisons.</p> <p>Définir les notions de solstice et d'équinoxe.</p>			
Bilan avec les élèves	<p>Demander aux élèves ce qu'ils ont appris pendant cette séance.</p>			

Annexe 3 : Productions d'élèves illustrant les différents types de raisonnement, réalisées à la première évaluation diagnostique :

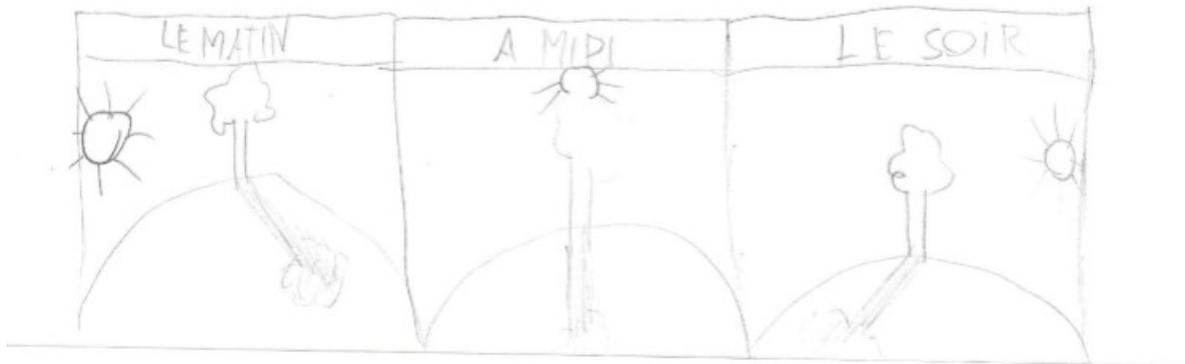
quel est le trajet du soleil pendant la journée. DRINO



Raisonnement juste

le matin à l'ouest, le midi au dessus de nous, et le soir à l'est
il apparaît à l'ouest et se couche à l'est

Raisonnement juste mais réponse erronée



> Il. car la terre tourne autour du soleil



Raisonnement héliocentrique

car

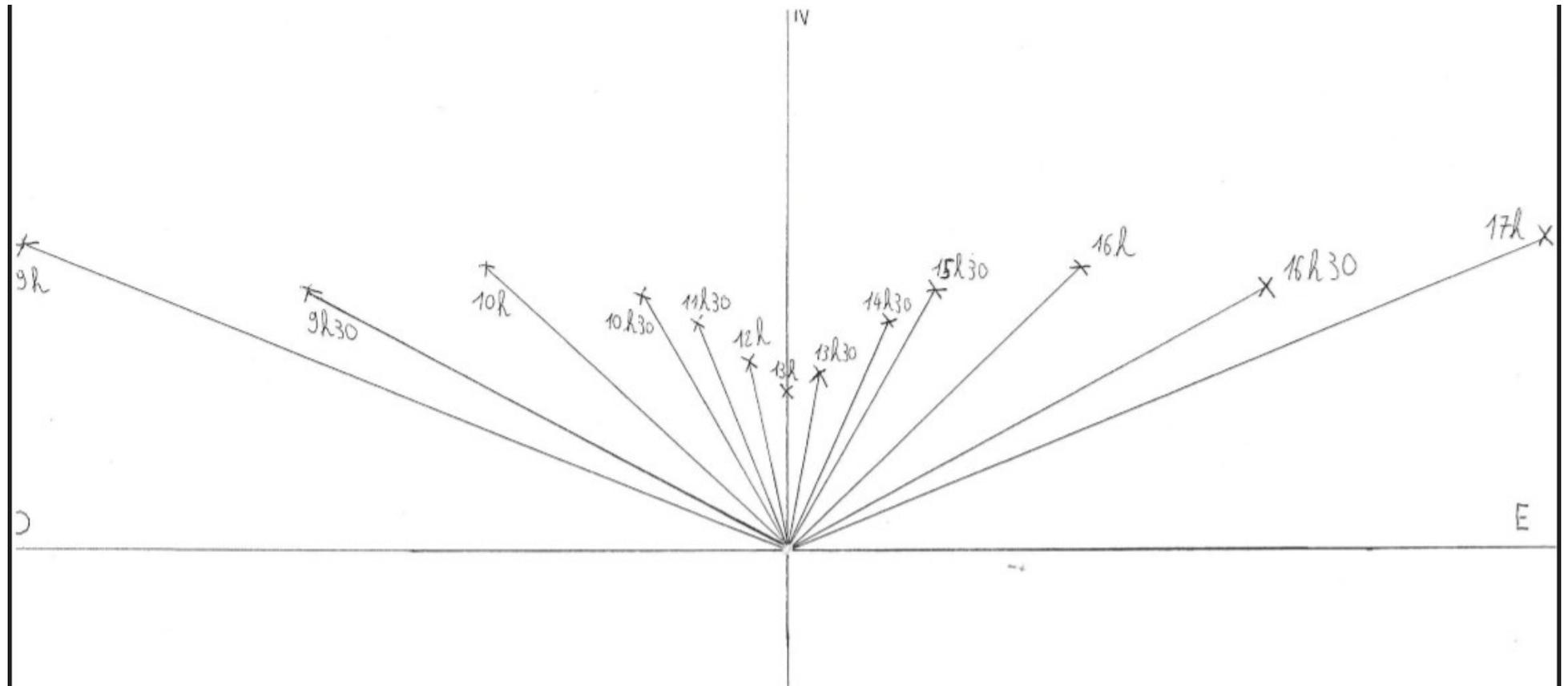
Le soleil tourne autour de la terre

Raisonnement géocentrique

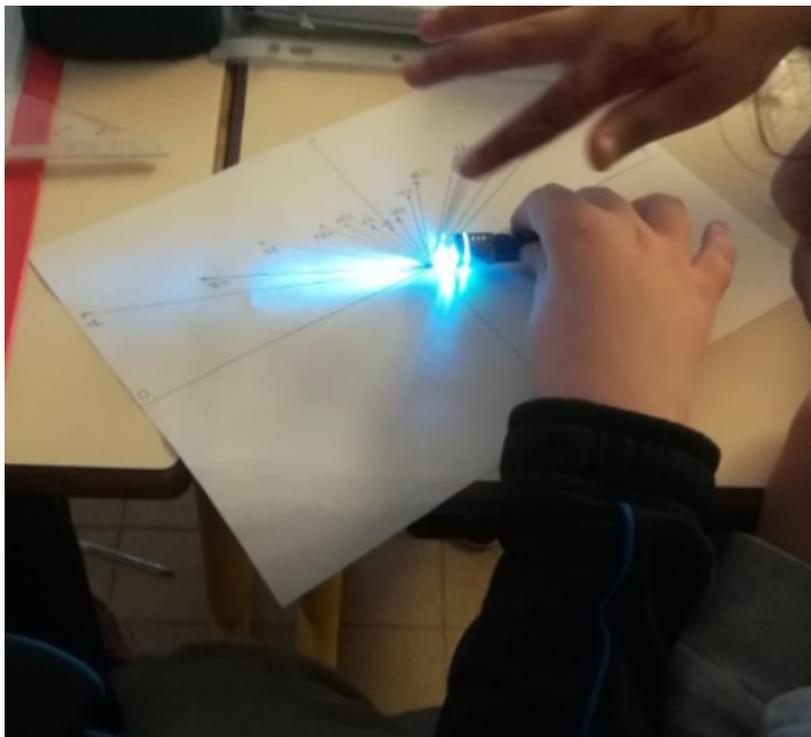
il tourne et après il y a la lune et les autres le soleil

Raisonnement naïf de type « pensée magique »

Annexe 4 : Relevés de l'ombre d'un cure-dent à différentes heures de la journée



Annexe 5 : Modélisation séance n°2



Les élèves cherchent ici à aligner l'ombre avec le relevé de l'ombre sans respecter la longueur de celle-ci.



Manipulation correcte.

Annexe 6 : Tableau permettant de mettre en relation le modèle et la réalité

Expérience permettant d'expliquer l'alternance des jours et des nuits :

Notre maquette	Ce que ça représente
Une lampe	Le Soleil
Une boule en polystyrène	La Terre
Une punaise sur la boule	La France

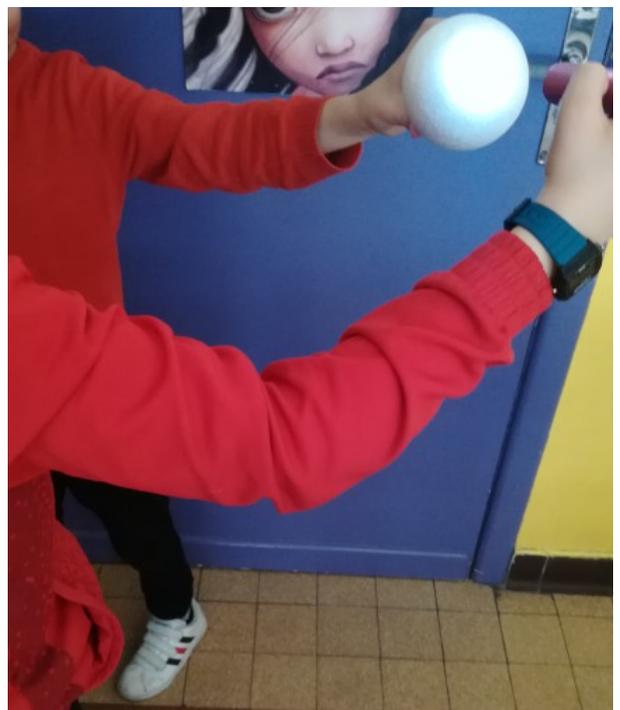
Ce qui peut se produire dans notre modèle	Ce que cela représente dans la réalité
La lampe éclaire la boule.	Le soleil éclaire la Terre
Une partie de la boule est dans la lumière de la lampe.	Une partie de la Terre est dans la lumière du soleil
Une partie de la boule est dans l'ombre.	Une partie de la Terre est dans l'ombre
La punaise est dans la lumière.	La France est dans la lumière du soleil
La punaise est dans l'ombre.	La France est dans l'ombre.

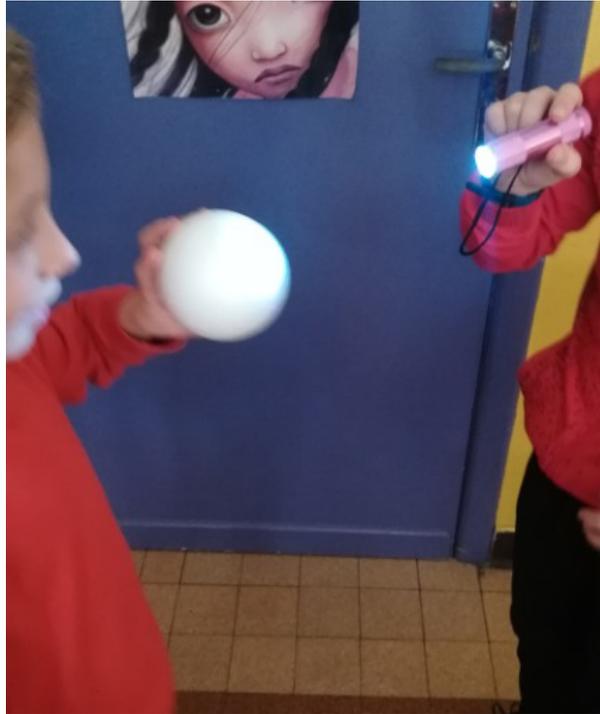
Annexe 7 : Expérience prouvant l'alternance jour/nuit





Annexe 8 : Expérience prouvant que l'alternance jour/nuit n'est pas causée par la rotation de la Terre autour du Soleil





Annexe 9 : Elèves réalisant la ronde inversée avec l'élève-Soleil pour trouver le sens de rotation de la Terre sur elle-même.





Annexe 10 : Tableau n°2 permettant de mettre en relation le modèle et la réalité

Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?

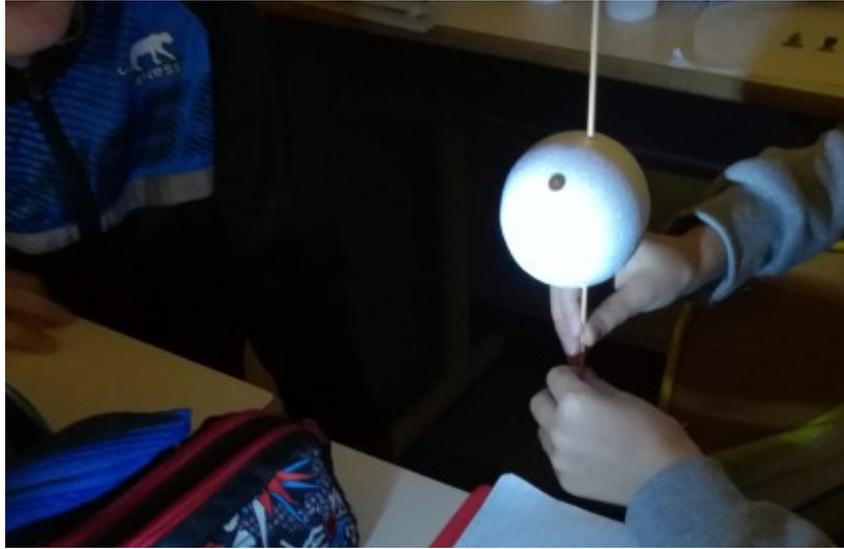
Notre Méthode	Ce qu'il représente	Ce qu'il doit faire
Un élève	Le Soleil	Rester immobile
Une ronde	La Terre	Tourner sur elle-même

Ce qui peut se passer pour chaque élève qui fait la Terre.	Ce que cela représente dans la réalité.
Il peut voir l'élève-Soleil.	Il fait jour
Il ne peut pas voir l'élève-Soleil.	Il fait nuit
L'élève-Soleil est en train d'apparaître.	Le soleil se lève.
L'élève-Soleil est en train de disparaître.	Le soleil se couche

Annexe 11 : Tableau représentant les heures des levés et couchers du Soleil le 21 de chaque mois de l'année 2018 en Ile-de-France.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Heure du lever du Soleil	8 h 57	7 h 50	6 h 53	6 h 50	6 h 05	5 h 51	6 h 14	6 h 56	7 h 39	8 h 24	8 h 13	8 h 45
Heure du coucher du Soleil	17 h 26	18 h 17	19 h 01	20 h 47	21 h 29	21 h 53	21 h 39	20 h 51	19 h 47	18 h 45	16 h 59	16 h 51
Durée d'ensoleillement												

Annexe 12 : Expérience montrant que l'inclinaison de la Terre est responsable de la variation de la durée du jour et des saisons.



Hémisphère Nord en été

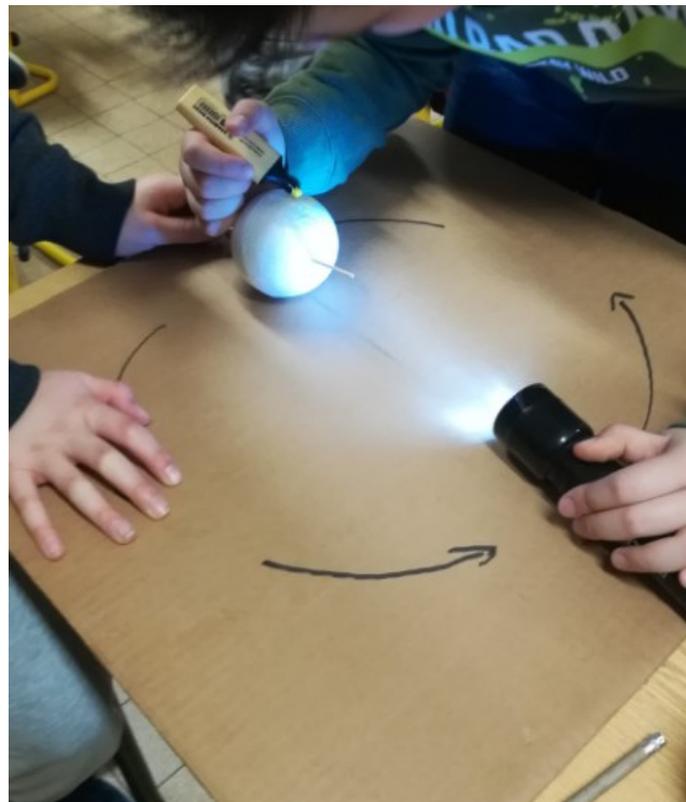


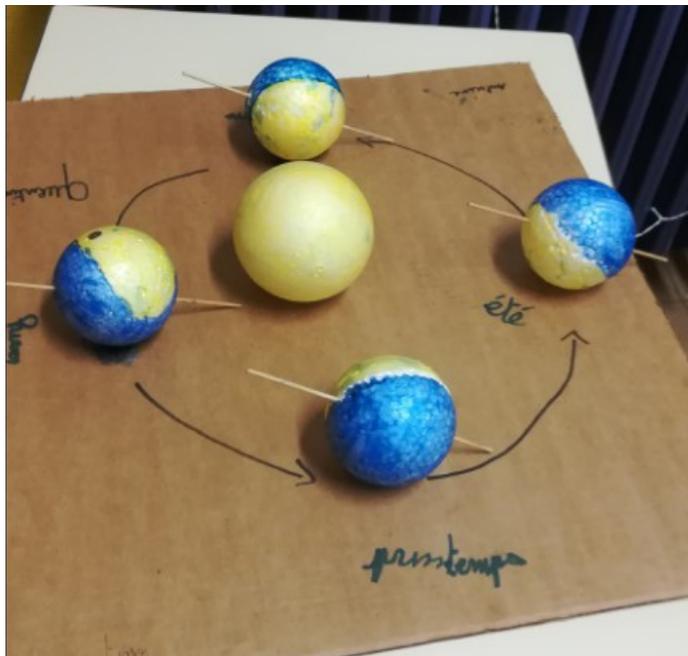
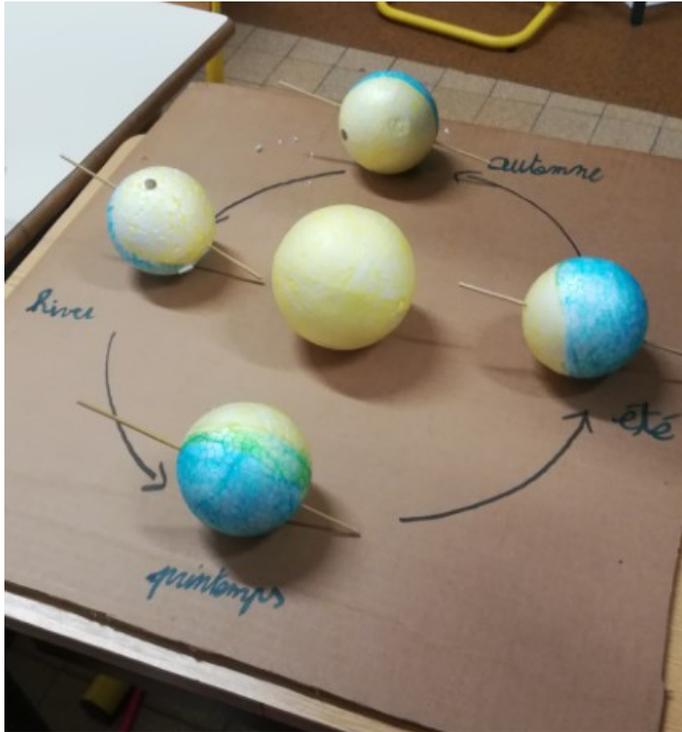
Hémisphère Nord en hiver

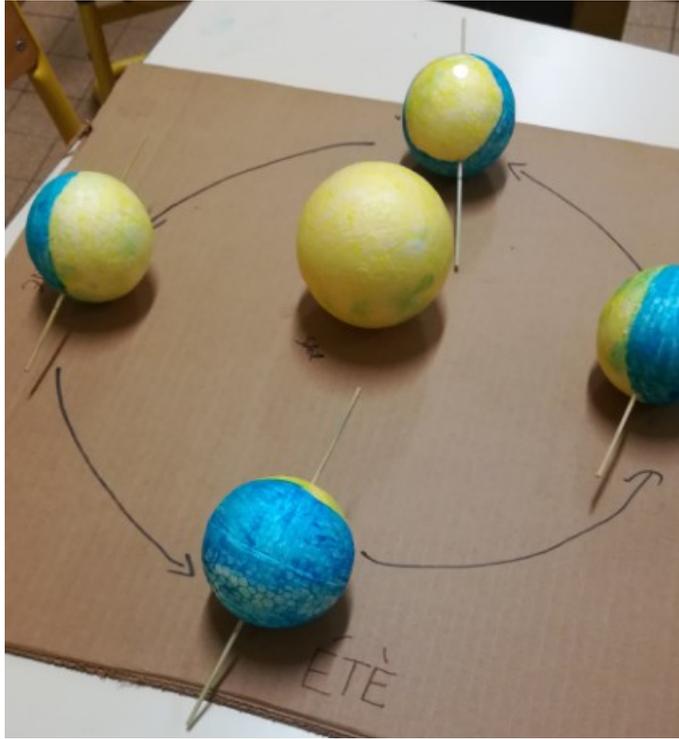
Annexe 13 : Positions de la Terre par rapport au Soleil, en été et en hiver. Mise en évidence que l'axe d'inclinaison est toujours dirigé dans le même sens.



Annexe 14 : Productions d'élèves lors de l'évaluation.







Résumé :

En Sciences, à partir du cycle 3, les élèves sont capables d'aborder des phénomènes de plus en plus complexes en raisonnant sur les objets ou les observations qui les entourent. C'est pourquoi, l'étude des phénomènes scientifiques se complexifie au fur et à mesure de la scolarité des élèves, d'autant plus lorsque ces phénomènes sont non directement observables. Pour étudier ces phénomènes, la mise en place de la démarche d'investigation est essentielle pour les élèves, afin de leur faire acquérir diverses compétences leur permettant de développer des savoir-être et savoirs-faire. Durant la phase de recherche, les supports utilisés peuvent être multiples comme l'expérimentation, les observations, la recherche documentaire, ou encore la modélisation. Le sujet traité dans cette recherche porte sur le domaine de l'astronomie : « Les mouvements de la Terre autour du Soleil. », dont les phénomènes sont non observables. Le recours à la modélisation semble donc intéressant afin d'étudier cette thématique. Néanmoins, l'utilisation de la modélisation à l'école élémentaire est source de débat auprès des différents chercheurs. L'objectif de ce mémoire est donc de savoir si l'utilisation de la modélisation est bénéfique pour les élèves afin de comprendre des phénomènes complexes, non directement observables et si elle permet de modifier les représentations initiales des élèves. Cette étude a été menée dans une classe de CM1 et une classe de CM1/CM2, afin de recueillir un plus grand nombre de données utiles à ma recherche.

Mots clés : Modèle, Modélisation, Sciences, Astronomie, Cycle 3, Représentations initiales, Manipulation.