

MASTER 2 MEEF

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

Mention **Premier degré**

Année universitaire 2014-2015

**UE3 MÉMOIRE
SEMESTRE 4
SESSION 1**

Intitulé : L'utilisation de la modélisation en sciences de la Terre

Prénom et Nom de l'étudiant : Audrey SIMON

Site de formation : Arras

Section : 7

Prénom et Nom du directeur de mémoire : Sébastien Duflot

Remerciements : Sébastien Duflot, pour ses conseils

Natacha Kebe, pour son soutien et sa disponibilité

L'utilisation de la modélisation en sciences de la Terre

Sommaire :

INTRODUCTION.....	5
<u>Partie 1 : L'utilisation de la modélisation dans l'enseignement</u>	6
I) Présentation du phénomène de modélisation par lecture d'articles.....	6
• Qu'est-ce que le modèle ?.....	6
• L'utilisation du modèle dans la démarche d'investigation.....	7
• Modéliser à l'école élémentaire.....	8
• Quelques obstacles à son utilisation.....	8
I) Le mouvement de la Terre autour du Soleil, un phénomène qui requiert l'utilisation de la modélisation.....	9
A) La structure du système solaire.....	9
1) Les planètes du système solaire.....	10
2) Les étoiles et la galaxie.....	10
A) La relation Terre / Soleil.....	10
1) Le mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée.....	11
2) La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences.....	11
3) Le mouvement de la Terre autour du Soleil.....	12
<u>Partie 2 : Problématique et élaboration de la méthodologie de la recherche</u>	13
I) La problématique.....	13
II) Méthodologie.....	14
• Mise en place du protocole expérimental.....	14
• Elaboration de la séquence dans le cadre de la recherche.....	15
• L'intérêt des activités dans le cadre de la recherche (pour les élèves) et méthodologie de recueil des données.....	17
<u>Partie 3 : Mise en place effective de la séquence et analyse comparative entre les deux classes</u>	19
I) Représentations initiales des élèves lors de la première séance.....	19
• Les différents types de raisonnements.....	19
• Les résultats obtenus.....	20

•	Interprétation des résultats.....	22
•	Mise en place du protocole expérimental.....	23
I)	Interprétation des relevés obtenus lors de la séance n°2.....	24
•	Avec la recherche documentaire (classe témoin).....	24
•	Avec la modélisation (classe test).....	26
•	Analyse comparative entre les deux classes.....	30
I)	Interprétation des relevés obtenus lors de la séance n°3.....	30
•	Les représentations des élèves au début de la séance.....	30
•	Observations dans la classe témoin.....	31
•	Observations dans la classe test.....	32
•	Analyse comparative entre les deux classes.....	33
I)	Interprétation des relevés obtenus lors de la séance n°4.....	34
•	Les représentations des élèves au début de la séance.....	35
•	Observations dans la classe témoin.....	36
•	Observations dans la classe test.....	36
•	Analyse comparative entre les deux classes.....	38
I)	Interprétation des relevés obtenus lors de la séance n°5.....	39
•	Les représentations des élèves au début de la séance.....	39
•	Observations dans la classe témoin.....	40
•	Observations dans la classe test.....	41
•	Analyse comparative entre les deux classes.....	43
I)	Evaluation sommative et remédiation dans la classe témoin.....	44
•	Résultats et analyses des évaluations.....	45
•	Remédiation dans la classe témoin par la modélisation.....	46
•	Comparaison entre les deux classes après l'utilisation du modèle.....	50
I)	Les améliorations à apporter à la séquence.....	51
	CONCLUSION.....	52

BIBLIOGRAPHIE

53

Introduction

Au cours de mes différentes observations en classe l'année dernière ainsi que cette année en responsabilité, j'ai pu remarquer l'intérêt que portaient les élèves aux phénomènes scientifiques, qui sont mis en place dès la maternelle. A partir du cycle 3, les élèves sont capables d'aborder des phénomènes plus complexes en raisonnant sur les objets ou les observations qui les entourent. La mise en place d'une démarche d'investigation est en elle-même plus importante que l'explication des différents phénomènes. En observant les enseignants dans leur classe en sciences, j'ai remarqué que beaucoup abordaient des méthodes différentes pour travailler le domaine des sciences avec les élèves : recherche documentaire, expérience, modélisation...

L'étude des phénomènes scientifiques se complexifie au fur et à mesure de la scolarité de l'élève, d'autant plus lorsque ces phénomènes sont non directement observables : c'est le cas, par exemple, dans le domaine de l'astronomie. Dans ce domaine, les représentations initiales des enfants sont d'autant plus diversifiées et inattendues et il est difficile de les modifier, surtout lorsque l'expérimentation ne peut être utilisée.

Cependant les démarches scientifiques ne se limitent pas à l'observation et à l'expérimentation : la modélisation en fait partie et n'est pas à opposer aux deux premières. Dans le cadre de ma recherche, je me suis donc penchée sur l'utilisation du modèle en classe. Si j'ai pu observer que beaucoup d'enseignants n'utilisaient, la plupart du temps, que la recherche ou l'étude documentaire et qu'elle pouvait suffire à leurs élèves, je me suis tournée vers la modélisation qui me semble être une méthode privilégiée dans l'étude de l'astronomie. Ainsi, l'objectif de ce mémoire n'est pas d'apporter une réponse catégorique, à savoir si l'utilisation du modèle est préférable à une simple recherche documentaire, mais plutôt d'essayer de percevoir les apports pédagogiques du modèle lorsqu'il est associé à une recherche / analyse documentaire.

Partie 1 : L'utilisation de la modélisation dans l'enseignement

I) Présentation du phénomène de modélisation par lecture d'articles

- **Qu'est-ce que le modèle ?**

En sciences, le terme « modèle » est employé de manières diverses ; il peut être associé à la théorie ou encore à une conception de la démarche scientifique comme construction de l'esprit. Ainsi, de très nombreux travaux d'épistémologie portent sur la question de la modélisation en sciences afin d'éclairer les lecteurs sur l'intérêt de son utilisation. De même, plusieurs articles de recherche traitent de la modélisation en sciences.

Tout d'abord, il semble nécessaire de distinguer modèle et modélisation ; cette dernière est davantage décrite dans de nombreux articles comme une démarche de construction d'un modèle ou encore comme l'appropriation d'un modèle préalablement construit : c'est l'ensemble des démarches consistant à s'approprier le modèle au sens de substitut à un phénomène réel. La modélisation est donc l'ensemble des étapes qui conduisent au modèle. La modélisation est un processus et le modèle le produit fini de ce processus.

Quant à la méthode des modèles, elle est davantage centrée sur les diverses fonctions que le modèle lui-même peut remplir : c'est une démarche scientifique utilisant le modèle « comme la méthode expérimentale utilise l'expérimentation ». En sciences, la modélisation fait aussi bien référence aux images, schémas et représentations en 3D (maquette, modèle réduit) qu'à la théorisation et à la mathématisation.

Il est indispensable de savoir à quel moment utiliser les modèles en tant qu'objets concrets (maquettes, modèles réduits) ou abstraits. La question est de savoir si le modèle est l'utilisation de représentations (images, schémas) ou s'il constitue ces représentations. Dans ce dernier cas, le modèle serait « un objet pour penser avec », un objet visuel qui aiderait à construire la pensée de chaque individu. Pour cela les chercheurs se sont questionnés sur le lien entre ces modèles et les phénomènes qu'ils représentent.

Pour d'autres auteurs se pose la question du statut du modèle comme analogie : est-ce un moyen d'investigation aidant à la recherche ou a-t-il une fonction de communication dans la vulgarisation d'un fait scientifique ?

Lega a d'ailleurs distingué les « modèles de mécanisme » (qui sont les plus répandus), les « modèles de décision et de prévision » ainsi que les « modèles d'hypothèse ».

- **L'utilisation du modèle dans la démarche d'investigation**

A l'école primaire, les élèves doivent utiliser la démarche d'investigation (afin d'expliquer les différents phénomènes) qui est construite de la manière suivante : mise en place d'un problème, émission des hypothèses, réalisation d'un protocole (investigation en vue de résoudre le problème), validation ou non des hypothèses, résultats et structuration du savoir établi. Les protocoles utilisés sont au choix : l'expérimentation (mise en place d'un dispositif en ne faisant varier qu'un facteur à la fois), le tâtonnement expérimental (comparer les résultats de divers essais), l'observation, la recherche / analyse documentaire (par la lecture de divers documents) ou encore la modélisation.

Dans cette démarche scientifique, le modèle peut avoir plusieurs fonctions : expliquer, prévoir et chercher. Dans le premier cas, l'explication peut passer par l'analogie, c'est-à-dire par la ressemblance entre deux réalités (dont la plus simple, c'est-à-dire le modèle, aide à comprendre l'autre plus complexe). Le modèle peut permettre également de prévoir en rendant compte de processus évolutifs, de transformation (simulation) sans avoir besoin d'observer la réalité elle-même : le modèle a alors une fonction prédictive (à confronter avec les observations).

- **Modéliser à l'école élémentaire**

En dehors de l'aspect théorique, d'autres chercheurs se sont penchés sur l'utilisation du modèle comme outil didactique en sciences à l'école élémentaire ; en effet il semble pouvoir catégoriser savoir savant, savoir enseigné et fonctionnement de l'élève face à ces savoirs. On parle alors d'apprentissage par la modélisation dans l'enseignement des sciences où le maître enseigne et fait apprendre aux élèves en se servant d'objets (réels ou virtuels). Cependant, cet enseignement semble beaucoup discuté par les professionnels et être source de débat.

Bodur et Guichard ont étudié la modélisation sur des élèves de 8-10 ans et ont comparé les modélisations et simulations les plus favorables à leur compréhension d'un phénomène scientifique (sur la flexion et l'extension du bras). La modélisation chez les plus jeunes élèves ne faisant pas l'unanimité et ayant été débattue, ils ont montré que la modélisation

utilisée correctement était bénéfique à la compréhension et aux apprentissages des faits scientifiques par les élèves. Pour d'autres, les activités scientifiques pour ces jeunes ne devraient se cantonner qu'à de la simple classification, description et manipulation d'objets. Des études ont d'ailleurs appuyé ces propos en montrant qu'avant l'adolescence, les enfants distinguaient avec difficulté preuve expérimentale et théorie. Malgré tous ces débats, l'usage de la modélisation se multiplie dans l'enseignement des sciences : *« l'exercice de la modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique »* : les modèles sont donc des instruments permettant de décrire, expliquer, prévoir, prendre une décision, fonctionnant comme « pont » entre monde réel et monde scientifique. Ils permettent de modéliser des phénomènes complexes (en les simplifiant) et donc de ne pas rester muet devant eux, d'accéder à des représentations visuelles de divers phénomènes, notamment les phénomènes non observables. L'objectif pédagogique principal de l'enseignement par la modélisation et la simulation est que les élèves construisent des savoirs en modélisant des phénomènes scientifiques.

- **Quelques obstacles à son utilisation**

Cependant, bien que le modèle semble être un outil didactique pertinent et bénéfique pour l'enseignement dans les sciences, les auteurs nous mettent en garde sur le danger « affectif » que peut représenter un tel modèle lorsqu'il est pris par l'élève comme réalité et non comme une représentation simplifiée possible de cette réalité : dans ce cas, l'utilisation du modèle serait un contre-sens.

Ce rapport à la réalité peut-être problématique ; pour être efficace le modèle doit faire l'objet d'un choix pertinent de la part de l'enseignant qui le met en place et être sans arrêt confronté au réel. Dans l'un des articles une réflexion a été menée sur les modèles utilisés en sciences, et plus particulièrement en sciences expérimentales ; ainsi cette réflexion sur le modèle induit indéniablement une réflexion sur les démarches scientifiques en général, ayant un lien particulier avec la connaissance. En sciences expérimentales, le modèle, déduit d'observations et de connaissances ultérieures, est une construction de l'esprit qui permet de mettre en place plusieurs variables, non accessibles directement par l'expérimentation.

D'ailleurs modélisation et expérimentation ne sont pas à mettre en opposition ; elles seraient complémentaires, le modèle étant la clef d'interprétation, l'expérimentation utile comme test d'une hypothèse. Plusieurs chercheurs ont travaillé sur la théorie de la

tectonique des plaques qui apparaît plus comme un ensemble de modèles permettant ainsi de produire des « représentations partielles » permettant d'inventer des « idées simplifiantes ».

I) Le mouvement de la Terre autour du soleil, un phénomène qui requiert l'utilisation de la modélisation.

En sciences les élèves doivent mettre en place une démarche d'investigation logique afin de construire leurs connaissances. Observations et expériences sont donc indispensables, mais lorsque les élèves se retrouvent devant un phénomène ne permettant pas l'expérimentation, tel que l'étude du mouvement de la Terre autour du Soleil, la modélisation peut être un substitut au réel afin que les élèves puissent expérimenter et comprendre les conséquences d'un tel phénomène.

A) La structure du système solaire.

L'ensemble du système solaire est né il y a environ 4,6 milliards d'années d'un même nuage de poussière. Notre système solaire est composé d'une étoile, le Soleil, et de l'ensemble des corps célestes qui tournent autour du Soleil, subissant sa gravitation. Parmi ces corps célestes, on trouve : les huit planètes, la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, les satellites des planètes ainsi que la ceinture de Kuiper, la ceinture d'astéroïdes à la périphérie du système solaire.

1) Les planètes du système solaire.

Notre système solaire est composé de huit planètes sphériques tournant sur elles-mêmes et autour du Soleil. Parmi ces huit planètes, quatre sont solides, petites, chaudes et proches du Soleil : ces planètes dites telluriques sont Mercure, Vénus, la Terre et Mars. Les quatre autres planètes qui sont Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune sont des planètes gazeuses, froides, géantes et éloignées du Soleil.

La plupart des planètes possèdent des satellites ; ce sont des corps gravitant autour de ces planètes avec une orbite quasiment circulaire. La Terre possède un seul et unique satellite naturel : la Lune.

2) Les étoiles et les galaxies.

Une étoile est un astre qui produit sa propre lumière (source de lumière primaire). Le Soleil, étoile centrale du système solaire, représente 99,99% de la masse du système solaire et se trouve au cœur de la galaxie comptant une centaine de milliards d'étoiles.

Le soleil appartient à une galaxie, c'est-à-dire à un immense regroupement d'étoiles liées entre elles par gravité. Notre galaxie s'appelle la Voie Lactée, a une forme spiralaire et contient environ 200 milliards d'étoiles. Ainsi, certaines de ces étoiles sont visibles à l'œil nu depuis la Terre : elles forment des constellations. On connaît notamment la grande ours, la petite ours, etc...

A) La relation Terre / Soleil.

Le Soleil est situé à 150 millions de kilomètres de la Terre, soit une unité astronomique. Le Soleil est la source de la vie sur la Terre ; son observation a permis de comprendre son évolution et ses répercussions sur la Terre.

1) Le mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée.

La trajectoire du Soleil peut être décrite de la manière suivante : le Soleil se lève vers l'est, atteint son point culminant vers le sud à midi (midi solaire) et se couche vers l'ouest.

Afin de donner précisément ses coordonnées à un instant t , il faut sa direction (à l'aide des points cardinaux) et sa hauteur (angle formé entre l'horizon et le rayon du soleil). Lorsque la hauteur du Soleil est de 90° , on dit qu'il est au Zénith : on l'appelle donc le point culminant. Plus le Soleil est haut, plus son ombre est courte (relation avec le théorème de Thalès).

2) La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences (*cf annexe n°1*).

Le Terre possède un axe de rotation incliné de 23° par rapport à la verticale, passant par les pôles nord et sud. Le sens de rotation de la Terre vu du pôle nord se fait dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire d'ouest en est. Le jour solaire est de 24h ; il englobe une journée et une nuit. Une journée correspond ainsi à la durée pendant laquelle le Soleil est au-dessus de l'horizon.

L'alternance des journées et des nuits en un lieu donné est l'une des conséquences de la rotation de la Terre sur elle-même. En effet, à un instant t , les rayons du Soleil éclairent une partie de la Terre : il s'agit alors de la journée. Au même moment, les rayons n'atteignent pas la seconde partie de la Terre ; on est alors au niveau de l'ombre propre de la Terre ce qui correspond à la nuit.

Les fuseaux horaires sont une autre conséquence de la rotation de la Terre sur elle-même ; un fuseau horaire est déterminé par deux méridiens (il en existe douze). Ainsi, « l'heure légale » est la même dans un fuseau horaire. On rajoute alors une heure dans un nouveau fuseau horaire par rapport aux précédents. Quant à l'heure solaire, elle est différente en chaque point de la Terre.

3) Le mouvement de la Terre autour du Soleil (*cf annexe n°2*).

La trajectoire de la Terre autour du Soleil est appelée orbite. Le plan de l'orbite terrestre est appelé plan de l'écliptique. La durée de révolution de la Terre autour du Soleil est de 365,25 jours par an (à raison d'une année bissextile de 366 jours une fois tous les quatre ans).

La variation des saisons au cours de l'année est due à l'inclinaison de la Terre et à sa trajectoire écliptique autour du Soleil. 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 pour l'hémisphère nord alors que le solstice d'hiver (21 décembre), journée la plus courte pour l'hémisphère nord, marque le début de l'hiver. En fonction des saisons, la hauteur du Soleil dans le ciel est différente : au solstice d'été, la hauteur du Soleil est maximale. En France, la journée la plus longue est de 16h et la journée la plus courte de 8h.

Sur le document n°4, on peut voir que la même quantité d'énergie est répartie, le 21 décembre, sur une plus grande surface, ce qui explique que les températures soient plus basses dans l'hémisphère nord à cette époque. En revanche, au même instant au niveau de l'hémisphère sud, la quantité d'énergie est concentrée sur une plus petite surface, ce qui explique qu'il fasse beaucoup plus chaud (même phénomène que l'hémisphère nord en été).

L'astronomie est donc la science de l'observation par excellence mais également de la modélisation, toute action sur les planètes et le Soleil étant impossible à échelle réelle.

Partie 2 : Problématique et élaboration de la méthodologie de la recherche

I) Problématique

La modélisation en sciences est une étape incontournable dans le processus de construction des connaissances scientifiques et lors de l'utilisation des connaissances.

Ainsi la modélisation, faisant partie intégrante de la démarche expérimentale, est un moyen nécessaire et pratique pour permettre aux élèves d'étudier des phénomènes difficilement observables (tels que les conséquences de la rotation de la Terre) ou trop complexes. Cependant, bien que son utilisation permette de comprendre des phénomènes, son domaine de validité est limité en fonction de son degré de simplification. Au cycle 3, le phénomène du mouvement de la Terre autour du Soleil doit être étudié par les élèves qui doivent construire leurs connaissances en utilisant la démarche scientifique et en passant par l'élaboration d'hypothèses, l'expérimentation ou la recherche documentaire, et la validation ou non de leurs hypothèses. La modélisation est donc indispensable pour ne pas rester cantonner à une simple tâche de recherche documentaire et doit, au même titre que l'expérience, aider les élèves à modifier leurs représentations initiales. La modélisation leur permettra un changement d'échelle, rendant possible la vérification d'hypothèses et la résolution de problèmes. En effet les élèves ne pourront expérimenter que sur le modèle et non sur le réel. Il ne faut donc pas, pour que ce modèle soit efficace, un niveau d'abstraction trop élevé afin que l'activité menée ne devienne pas illusoire pour les élèves qui la pratiquent ; le modèle doit cependant permettre aux enfants de l'école élémentaire d'étudier ce phénomène en faisant abstraction de certaines caractéristiques de la réalité (les forces gravitationnelles, la forme non totalement sphérique de la Terre, les distances réelles entre le Soleil et les autres planètes, etc...) et en sélectionnant des propriétés pertinentes pour l'étude du phénomène.

On peut alors se demander **en quoi la modélisation est-elle un outil nécessaire et pertinent pour l'étude de phénomènes non directement « observables »** ? Nous verrons au cours de la recherche quels sont les intérêts de la modélisation et son impact dans le processus d'apprentissage des élèves. Cependant, la modélisation proposée aux élèves doit faire l'objet d'un travail préliminaire important du professeur car elle peut avoir des effets contraires à son but premier : un degré de modélisation inadapté, d'une part au niveau des

élèves et d'autre part à l'objectif d'apprentissage, pourrait nuire à la compréhension au lieu de lui être bénéfique.

II) Méthodologie

- **Mise en place d'un protocole expérimental.**

Afin de mener à bien cette recherche, il est nécessaire de mettre en place un protocole expérimental rigoureux. Ici, la problématique abordée m'amène à l'hypothèse suivante : l'utilisation de la modélisation, lors d'une séquence en astronomie, permettrait d'améliorer la compréhension du phénomène chez les élèves en développant leurs capacités de représentations mentales.

Afin de tester cette hypothèse, la comparaison entre deux classes me paraît la méthode la plus pertinente. Il s'agit alors de mener deux séquences similaires sur « Les mouvements de la Terre autour du Soleil » dans deux classes de même niveau, faisant intervenir une seule variable : l'utilisation de la modélisation lors de la phase de recherche et d'institutionnalisation dans une seule des deux classes afin de voir son impact auprès des élèves dans la compréhension du phénomène étudié.

Cette année, je suis fonctionnaire stagiaire en classe de CE2 à l'école La Fontaine à Arras. L'école est composée de quatorze classes allant du CP au CM2, dont trois classes de CE2.

Dans les IO de 2008 et le BO de 2012, on peut lire en sciences et technologies pour le cycle 3, et plus particulièrement en CE2 : « Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil : mettre en lien l'évolution de la durée du jour au cours de l'année et les saisons - définir les termes équinoxe, solstice - savoir que le Soleil est une étoile, centre d'un système solaire constitué de planètes dont la Terre - différencier étoile et planète, planète et satellite (exemple : la Lune, satellite naturel de la Terre) ».

Afin de mettre en place ma recherche, une collègue de l'école a accepté un échange de service en période 4, où elle ferait des mathématiques avec ma classe pendant que je mènerai la séquence en sciences dans la sienne. Le fait de mener cette recherche dans deux classes appartenant à la même école permet d'éliminer plusieurs facteurs. Les élèves sont tous dans la même tranche d'âge (8-9 ans) et appartiennent au même milieu social. De plus, les enfants des deux classes viennent de deux CE1 différents ce qui permet à

l'ensemble des élèves d'avoir reçu le même enseignement en sciences, et permet de réduire les écarts de connaissances préalablement acquis. En me renseignant sur les thèmes abordés par les enseignants l'année précédente en sciences, je me suis rendue compte qu'aucun d'entre eux n'avait abordé ce thème. Ainsi, prendre deux classes avec le « même public » permet de réduire le facteur de « connaissances préalables » aux connaissances « extrascolaires » des élèves.

Ma classe est composée de vingt-deux élèves et celle de ma collègue de vingt élèves. Dans le souci d'avoir le même fil conducteur pour tous les CE2, nous suivons la même programmation en sciences. Ainsi, avant de débiter cette séquence, le thème sur les points cardinaux et le phénomène des « Ombres et lumières » auront déjà été étudiés par les deux classes afin de faciliter leur compréhension du phénomène. Cependant, le thème « Ombres et lumières » ayant été abordé en fin de période 2, il sera judicieux de faire un court rappel sur les connaissances acquises. Tout comme moi, ma collègue utilise pour certaines séquences la modélisation avec ses élèves. Ainsi, les deux classes y ont déjà été confrontées.

Afin d'éliminer les conséquences des différents « pics attentionnels » de la journée (bien que leurs effets étant moindres sur ce type de recherche), les séquences seront toutes les deux menées l'après-midi : le lundi et le mardi (jours correspondants à mon mi-temps).

Après discussion avec ma collègue, il a été décidé que la séquence avec modélisation serait réalisée dans sa classe. En effet, pour la classe suivant la séquence sans utilisation de la modélisation, une ou deux séances supplémentaires seront nécessaires afin que les élèves puissent bénéficier et compléter leurs représentations du phénomène (et éviter ainsi que la recherche menée ne crée de la discrimination au niveau des apprentissages des élèves).

- **Elaboration de la séquence dans le cadre de la recherche.**

En sciences, il est important de respecter la démarche d'investigation et les étapes suivantes :

- Le recueil des représentations initiales des élèves
- L'émergence des questions et des émissions d'hypothèses
- Vérifications des hypothèses avec l'expérimentation, la modélisation, la recherche documentaire

- Validation ou invalidation des hypothèses
- Institutionnalisation et conclusion.

C'est en suivant ce principe que seront bâties les diverses séances de la séquence.

Afin de mener mon étude sur l'influence de la modélisation en sciences et de voir si elle favorise les différentes représentations des élèves sur les phénomènes scientifiques, j'ai mis en place une séquence comportant six séances (et une en plus pour la classe n'utilisant pas la modélisation), comportant la problématique suivante : « Quels sont les mouvements de la Terre autour du Soleil ? Quelles en sont les conséquences ? ». Cette séquence a pour compétences « Etre capable de définir qualitativement la trajectoire du Soleil vue de la Terre, mettre en lien l'évolution de la durée du jour au cours de l'année et les saisons - définir les termes équinoxe, solstice » et se présente sous la forme suivante :

- Séance n°1 (cf fiche de préparation, annexe n°3) : Observations des mouvements apparents du Soleil. Cette première séance permet de recueillir les représentations initiales des élèves dans les deux classes, de mettre en place la problématique « Comment déterminer précisément le mouvement apparent du Soleil ? » et de faire une séance avec expérimentation.
- Séance n°2 (cf fiche de préparation, annexe n°4 et documents annexe n°5) : Déterminer le mouvement apparent du Soleil. Cette séance sera l'occasion, pour la classe concernée, d'utiliser la modélisation afin de retrouver le mouvement du Soleil dans le ciel et de faire ainsi les premières comparaisons au niveau de la validation des hypothèses ou de l'interprétation des observations et relevés effectués.
- Séance n°3 (cf fiche de préparation, annexe n°6 et documents annexes n°7 et 8) : L'alternance jour / nuit. De nouveau, recueillir les représentations initiales des élèves et mettre en place la problématique « Comment expliquer le phénomène des jours et des nuits tout au long de l'année ? ». Ici encore, la modélisation sera utilisée par l'une des classes.
- Séance n°4 (cf fiche de préparation, annexe n°9 et documents annexes n°10, 11 et 12) : Des journées plus ou moins longues dans l'année (afin de compléter la recherche sur la problématique).
- Séance n°5 (cf fiche de préparation, annexe n°14 et documents annexes n°15 et 16) : Les saisons.
- Séance n°6 : L'évaluation sommative afin d'évaluer l'évolution des représentations des élèves.

- Prévoir une séance n°7 pour la classe utilisant uniquement la recherche documentaire afin de modéliser les phénomènes étudiés. Cette séance supplémentaire pour la classe n'utilisant pas la modélisation permettra de ne pas créer de discriminations entre les élèves.

- **L'intérêt des activités dans le cadre de la recherche (et pour les élèves) et méthodologie de recueil des données.**

Tout d'abord, il est important de faire une première évaluation diagnostique dans chaque classe afin de recueillir les représentations initiales des élèves (séance n°1). Ces représentations se feront sur une feuille à partir d'une question ouverte ; les élèves auront alors la possibilité d'écrire quelques lignes, de faire un dessin, ou les deux.

Puis ces représentations seront analysées et classées dans le cadre de la recherche.

Il sera intéressant de classer les productions des élèves en fonction des explications données : explications attendues, raisonnements naïfs, etc...

Cette étape permet non seulement de prendre en compte les besoins des élèves afin de construire une séquence permettant de modifier leurs représentations initiales, mais également de comparer les connaissances préalables sur le sujet dans les deux classes. En effet, il s'agit de vérifier que les écarts entre les deux classes ne soient pas trop grands, afin de réduire au maximum la variable « des connaissances de départ » qui pourrait influencer le reste de la recherche. Cependant, si l'écart est assez conséquent, il faudra en tenir compte.

Les séances sont construites sur la même structure : seule la partie recherche documentaire / expérimentation par la modélisation diffère. Ainsi, il serait intéressant, dans le cadre de la recherche, de faire une évaluation formative orale quant aux conclusions tirées par les différents groupes. Il faudra alors noter pour chaque groupe utilisant la modélisation, le protocole utilisé et ce qui les a amenés à valider ou non les hypothèses de départ. On peut d'ailleurs remarquer que cette phase est essentielle afin de comprendre l'intérêt de la modélisation pour les élèves. En effet, on peut penser que la plupart du temps, les élèves ne testent que « leur hypothèse de départ » et pas toutes les hypothèses possibles. Si le problème se pose, il faudra amener les élèves à se poser la question suivante : « La modélisation doit-elle servir à illustrer leurs propres points de vue ou

permettre une réflexion sur les problèmes posés ? ». Ce point pourra être étudié lors des phases d'interrogations orales de l'enseignant.

En procédant de la même manière avec les groupes utilisant uniquement la recherche documentaire, l'enseignant pourra comparer les conclusions émises par les élèves en fonction du type de support utilisé lors de la phase de recherche en vue de vérifier les hypothèses émises au départ. Prenons l'exemple de la représentation elliptique de la rotation de la Terre sur les documents scientifiques qui peut induire les élèves à dire que « L'été, c'est lorsque le Soleil est plus proche de la Terre : dans ce cas, il faudra alors déconstruire cette représentation en notant le fait que les deux hémisphères devraient être en été en même temps. Les phases de mise en commun et d'institutionnalisation des savoirs pourront appuyer cette différence.

Enfin, l'évaluation sommative (écrite) sera déterminante dans l'étude menée au cours de cette séquence. En effet, cette évaluation à un double intérêt : du point de vue de l'enseignant, elle permet d'évaluer les progrès des élèves et l'évolution de leurs représentations initiales alors que du point de vue du chercheur, elle permet de comparer les représentations construites au cours de la séquence avec le modèle d'une part et avec la recherche documentaire d'autre part. Il faudra donc prévoir des « questions clefs », questions qui auront été traitées lors des phases de recherche nécessitant la modélisation. Les questions porteront essentiellement sur le phénomène de l'alternance jour / nuit (à cause de la rotation de la Terre), la variation de la durée du jour au cours de l'année (à cause de l'inclinaison de l'axe de la Terre) et sur la variation des saisons (à expliquer avec l'inclinaison de l'axe de la Terre et le mouvement de révolution de celle-ci autour du Soleil).

Après l'évaluation, la classe n'ayant utilisé que la recherche documentaire aura une séance supplémentaire (ou deux) afin d'utiliser la modélisation et de compléter éventuellement la conception qu'ont les élèves de ce phénomène. Après cette séance (et en fonction des résultats obtenus), il pourrait être intéressant de réinterroger les élèves (oralement et individuellement ou par écrit) sur les questions de l'évaluation faite précédemment, afin de voir si cette dernière séance utilisant la modélisation aurait un impact sur les représentations des élèves en fin de séquence.

Partie 3 : Mise en place effective de la séquence et analyse comparative entre les deux classes

I) Représentations initiales des élèves lors de la première séance.

Avant de débiter la séquence, il est important de recueillir les représentations initiales des élèves sur le thème abordé. En effet, bien qu'aucun élève des deux classes n'ait étudié le thème du *Mouvement de la Terre autour du Soleil*, cela ne signifie pas que les enfants soient totalement neutres quant au thème abordé.

Lors de cette étape, la même consigne a été donnée aux élèves des deux classes: « Vous allez répondre à la question suivante : quel est le trajet du Soleil durant la journée ? Afin de répondre à cette question, vous allez réaliser un dessin et écrire quelques phrases afin de l'expliquer ».

Afin de comparer les conceptions des élèves, il a fallu les classer et comparer les résultats obtenus dans les deux classes.

• *Les différents types de raisonnements*

Les représentations des élèves étant extrêmement variées, il est donc nécessaire d'essayer de les classer entre-elles afin de pouvoir comparer les disparités et les points communs entre les deux classes.

Les représentations initiales sont donc répertoriées de la manière suivante:

- Raisonnement attendu: la réponse attendue est la suivante « Le soleil se lève vers l'est et se couche vers l'ouest »
- 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 animiste / anthropomorphique: les enfants attribuent des caractéristiques humaines à une chose / un objet (ici, le Soleil) comme s'il était doté d'intentions (exemples : « Le Soleil se cache derrière les nuages », « Le Soleil vient et s'en va la nuit... »).

- Raisonnement naïf de type « pensée magique » : le terme de « pensée magique » est utilisé en psychologie notamment dans le développement de l'enfant (cf biblio : Piaget) 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 apparait le jour et reste fixe dans le ciel »).
- Raisonnement « hors-sujet » : mauvaise compréhension de la question par l'élève (exemple : « Le Soleil est chaud »).

• **Les résultats obtenus**

Les représentations initiales des élèves ont été recueillies, lues et classées en fonction des raisonnements évoqués ci-dessus. Afin d'avoir une meilleure lisibilité des résultats et afin de faciliter leur comparaison, ces derniers sont donnés en pourcentage (sous forme de diagramme).

Pour la suite, la classe n'utilisant pas la modélisation est appelée « classe témoin » : dans cette classe, un élève représente 5% de la classe. Quant à la classe utilisant la modélisation, elle est appelée « classe test » (introduction d'une variable : le modèle) et un élève représente 5,9% de la classe.

1) Voici les explications données par les élèves (données brutes) recueillies dans les deux classes.

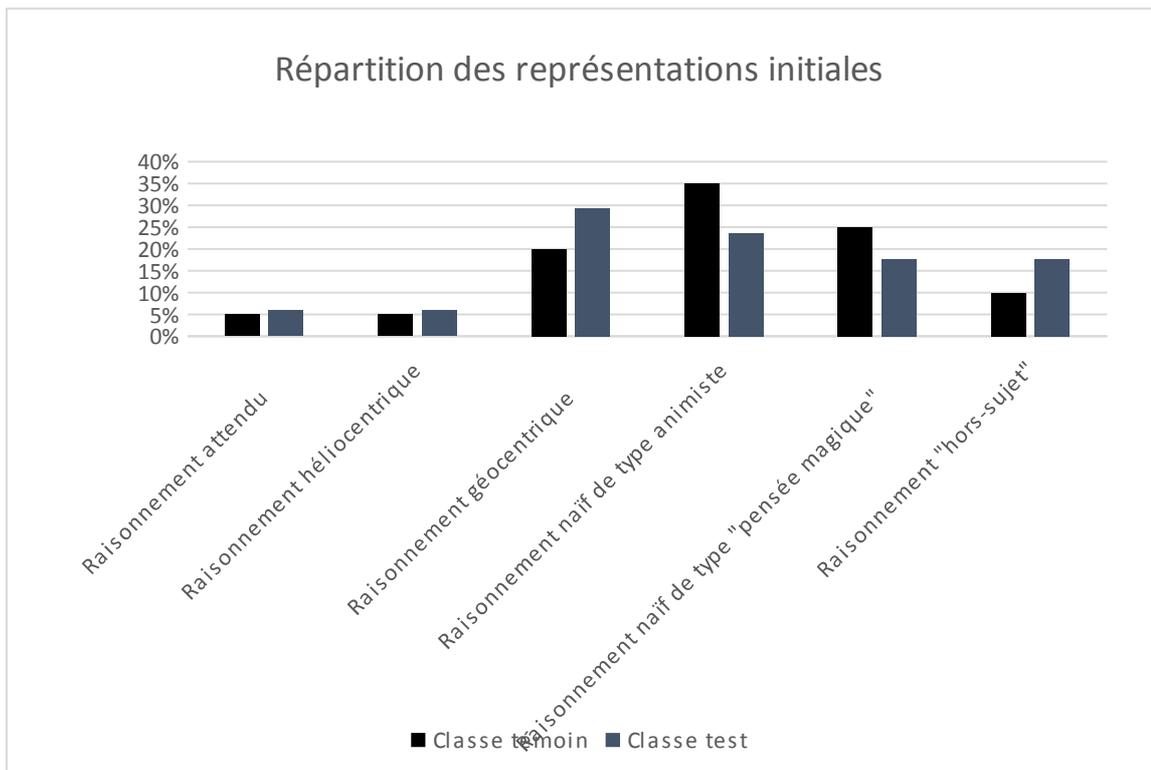
Représentations initiales des élèves	Classe témoin (n'utilisant pas la modélisation)	Classe test (utilisant la modélisation)
Le Soleil se met derrière la lune	3 élèves soit 15% de la classe	
Le Soleil se cache dans l'espace	2 élèves soit 10% de la classe	
Le Soleil se cache dans une cabane	1 élève soit 5% de la classe	
Le Soleil se cache derrière les nuages	1 élève soit 5% de la classe	
Le Soleil tourne autour de la Terre	2 élèves soit 10% de la classe	5 élèves soit 29,4% de la classe
Le Soleil est fixe et la Terre tourne	1 élève soit 5% de la classe	
Le soleil vient d'un autre pays, de l'autre côté de la Terre	2 élèves soit 10% de la classe	
Le Soleil apparait le jour et reste fixe dans le ciel	5 élèves soit 25% de la classe	2 élèves soit 11,7% de la classe
Le Soleil est chaud	1 élève soit 5% de la classe	1 élève soit 5,9% de la classe

Le Soleil permet de chauffer la route	1 élève soit 5% de la classe	
Le soleil passe au-dessus de tout		1 élève soit 5,9% de la classe
Le Soleil peut-être n'importe où, il apparait le jour		1 élève soit 5,9% de la classe
Le soleil est en haut et il se déplace		2 élèves soit 11,7% de la classe
Le Soleil va derrière un personnage		1 élève soit 5,9% de la classe
Le Soleil vient et s'en va la nuit		1 élève soit 5,9% de la classe
La Terre tourne autour du Soleil		1 élève soit 5,9% de la classe
Le Soleil se couche à l'ouest et se lève à l'est	1 élève soit 5% de la classe	1 élève soit 5,9% de la classe
Des fois, dans la journée, il n'y a pas de Soleil dans le ciel		1 élève soit 5,9% de la classe

2) Les représentations initiales ont ensuite été classées.

Les différents raisonnements	Classe témoin	Classe test
Raisonnement attendu	1 élève soit 5% de la classe	1 élève soit 5,9% de la classe
Raisonnement héliocentrique	1 élève soit 5% de la classe	1 élève soit 5,9% de la classe
Raisonnement géocentrique	4 élèves soit 20% de la classe	5 élèves soit 29,4% de la classe
Raisonnement naïf de type animiste	7 élèves soit 35% de la classe	4 élèves soit 23,6% de la classe
Raisonnement naïf de type "pensée magique"	5 élèves soit 25% de la classe	3 élèves soit 17,6% de la classe
Raisonnement "hors-sujet"	2 élèves soit 10% de la classe	3 élèves soit 17,6% de la classe

3) Afin de faciliter la comparaison, ces données ont été présentées sous la forme d'un double diagramme en bâtons.



- *Interprétation des résultats obtenus*

Sur le graphique obtenu, on peut voir que les raisonnements naïfs sont majoritaires dans les deux classes : 60% des élèves ont un raisonnement naïf dans la classe témoin et 41,2% dans la classe test. Les élèves ayant ce type de représentations 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.

On peut aussi remarquer que le raisonnement géocentrique est assez présent dans les deux classes, surtout dans la classe test ; ce raisonnement montre une certaine réflexion des élèves qui cherchent un lien de cause à effet, bien que ce raisonnement soit faux.

Ces trois représentations sont considérées comme erronées et représentent 80% des élèves de la classe témoin et 70,6% de ceux de la classe test.

On peut également dire 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. En regardant le diagramme obtenu, seul 10% des élèves ont un raisonnement correct dans la classe témoin contre 11,6% dans la classe test : les résultats sont donc quasiment identiques.

On trouve également des représentations initiales « hors-sujet » (presque deux fois plus dans la classe test que dans la classe témoin : 10% contre 17,6%) ce qui correspond à une minorité dans chaque classe.

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. La plus grande partie de chaque classe a un raisonnement erroné, avec une majorité de raisonnements naïfs.

Il n'y a donc pas de grandes disparités entre les deux classes au début de cette première séance ; ainsi, les deux classes ayant les « mêmes bases », la recherche pourra évaluer plus facilement l'impact de l'utilisation de la modélisation sur une séquence d'apprentissage (ou du moins, voir si elle apporte quelque chose en plus qu'une simple recherche documentaire).

- ***Mise en place du protocole expérimental lors de la séance n°1 (cf annexe n°3)***

Une fois les représentations initiales des élèves recueillies, ces derniers ont travaillé par groupe de quatre afin de trouver un protocole expérimental permettant de déterminer le trajet du Soleil durant la journée. Que ce soit dans la classe témoin ou dans la classe test, les différents groupes ont donné la même réponse : « il faut regarder le Soleil dans le ciel ». L'utilisation de la boussole n'a été évoquée par les groupes qu'après les avoir questionnés sur la direction du Soleil dans le ciel. Dans les deux classes, l'élaboration du protocole expérimental s'est fait avec le groupe classe après discussion : plusieurs élèves ont soulevé le problème suivant : regarder le Soleil dans le ciel fait mal aux yeux.

En rappelant les expériences faites lors de la séquence sur « Ombres et lumières » (séquence réalisée identique dans les deux classes), les élèves ont finalement proposé le protocole expérimental attendu. Sur une feuille blanche A3, les élèves ont déterminé les quatre points cardinaux en faisant attention d'orienter la feuille toujours dans le même sens (repères pris dans la cours de récréation) ; ils ont ensuite fait un repère sur cette feuille, où sera posé le crayon lors des relevés. Puis, à différents intervalles dans la journée, deux élèves sont allés dans la cours de récréation afin de dessiner au crayon de bois l'ombre du crayon en indiquant à chaque fois l'heure où l'ombre a été reproduite (relevés faits début mars).

Les élèves ont effectué cinq relevés dans la journée, aux heures suivantes : 9h, 10h10, 11h45, 14h, 15h45.

II) Interprétation des relevés obtenus lors de la séance n°2

Cf séance - annexes 4 et 5

- *Avec la recherche documentaire (classe témoin)*

Lors de cette deuxième séance, les élèves sont répartis en cinq groupes de quatre. La séance (cf prép de la séance n°2 : « Déterminer les mouvements apparents du Soleil ») est organisée en plusieurs étapes : tout d'abord les élèves doivent analyser le relevé des ombres obtenues et émettre des hypothèses quant aux différences entre les ombres du crayon, en fonction des différents moments de la journée. Dans un second temps, les élèves doivent étudier deux documents (ils sont alors guidés par des questions) : le premier document permet aux élèves de comprendre pourquoi certaines ombres sont plus courtes que d'autres (en fonction de la position de la source lumineuse) et de voir comment se situe la source lumineuse par rapport à l'objet (crayon) et à l'ombre. Le deuxième document permet de faire le lien entre le relevé expérimental obtenu et de voir la position (hauteur) du Soleil en fonction des différents moments de la journée. Enfin, les groupes vont devoir reproduire le relevé à main levée et tenter de positionner correctement « le Soleil » correspondant à chaque ombre obtenue.

Lors de chaque étape, je suis passée dans chaque groupe afin de récolter les réponses des élèves et de leur demander des explications supplémentaires sur ce qu'ils ont compris ; voici ce qu'il en est ressorti.

Groupe n°1 : observations et remarques	
<u>Etape n°1</u> : analyse du relevé et hypothèses	<p><u>Observations</u> : Les ombres ont des tailles différentes et sont dans des directions différentes.</p> <p><u>Hypothèses</u> : Si les ombres ont des tailles différentes c'est à cause de « la force du Soleil » (<i>ici, comprendre « intensité »</i>) : lorsque le Soleil tape fort, l'ombre est plus grande ; lorsque le Soleil tape moins fort l'ombre est plus petite.</p> <p>Les ombres ont des tailles différentes parce que le Soleil a bougé.</p>
<u>Etape n°2</u> : Etude de documents	<p>Avec le premier document les élèves ont remarqué que « lorsque l'ombre est à gauche, la lampe (source lumineuse) est à droite » (<i>absence de verbalisation du mot « opposé »</i>). Concernant</p>

	<p>l'obtention de l'ombre la plus courte, les élèves ont simplement remarqué que la lampe devait être au-dessus du crayon.</p> <p>Avec le second document, le groupe a également remarqué que le midi (moment où l'ombre est la plus courte), le Soleil est plus haut dans le ciel.</p>
<p><u>Etape n°3</u> : Positions « des soleils » par rapport aux ombres</p>	<p>Malgré l'étude documentaire, le groupe n'a pas réussi à replacer correctement les différents soleils en fonction de leur ombre (ils ont été placés au-dessus de l'ombre). Ce n'est qu'après mon intervention durant laquelle je leur ai fait remarquer que la source lumineuse devait être « opposée » à l'ombre (<i>terme apporté aux élèves pour verbaliser leurs remarques</i>) que le groupe a réussi à placer correctement les soleils. Cependant, les soleils ont été alignés et le Soleil de 11h45 n'est pas placé plus haut que les autres.</p> <p>Le groupe n'a pas pensé à utiliser les points cardinaux pour décrire le mouvement du Soleil.</p>

Groupe n°2 : observations et remarques	
<p><u>Etape n°1</u> : analyse du relevé et hypothèses</p>	<p><u>Observations</u> : Les ombres ont des tailles différentes et sont dans des directions différentes.</p> <p><u>Hypothèses</u> : Les ombres ont des tailles différentes parce que le Soleil a bougé. Le groupe n'a pas d'hypothèses pouvant expliquer la différence de taille des ombres.</p>
<p><u>Etape n°2</u> : Etude de documents</p>	<p>Avec le premier document le groupe a remarqué que « lorsque l'ombre est à gauche, la lampe (source lumineuse) est à droite » (<i>absence de verbalisation du mot « opposé »</i>) ; les élèves ont également vu que pour obtenir une ombre plus courte, la lampe devait être au-dessus du crayon et « plus en haut » (remarque faite également avec l'aide du second document).</p>
<p><u>Etape n°3</u> : Positions « des soleils » par rapport aux ombres</p>	<p>Le groupe a réussi à positionner correctement chaque Soleil en fonction de son ombre. Les soleils sont alignés sauf celui de midi qu'ils ont positionné plus haut que les autres (car l'ombre est la plus courte). Cependant après avoir questionné les élèves, je me rends compte qu'ils ont placé le Soleil plus haut à cause du dessin (et donc au-dessus du crayon) ; ils n'ont donc pas compris que le Soleil de midi était plus haut (dû à l'ombre la plus courte).</p>

Groupe n°3 : observations et remarques	
<u>Etape n°1</u> : analyse du relevé et hypothèses	Ce groupe a émis les mêmes remarques et les mêmes hypothèses que le premier groupe : la variation des ombres est due aux variations d'intensité du Soleil. Comme le Soleil bouge, les ombres ont des directions différentes.
<u>Etape n°2</u> : Etude de documents	Avec les documents, le groupe a déduit que le Soleil est « de l'autre côté » de l'ombre (<i>comprendre « opposé »</i>) et que si l'ombre est plus courte, c'est parce que le Soleil est au-dessus du bâton et plus haut. Après discussion, le groupe a réussi à verbaliser que le Soleil était opposé à l'ombre.
<u>Etape n°3</u> : Positions « des soleils » par rapport aux ombres	Le groupe a réussi à positionner correctement tous les soleils par rapport à leurs ombres (utilisation de la règle par rapport au crayon pour que le Soleil soit opposé). Cependant les soleils sont placés de manière rectiligne (et pas « en forme de courbe »). Le groupe a utilisé les points cardinaux et a donné la réponse attendue : « Le Soleil est à l'est le matin et se dirige vers l'ouest ».

Groupe n°4 : observations et remarques	
<u>Etape n°1</u> : analyse du relevé et hypothèses	Idem que groupe n°3.
<u>Etape n°2</u> : Etude de documents	Avec l'étude de documents, le groupe a remarqué que pour obtenir l'ombre la plus courte, le Soleil devait être plus loin (plus le Soleil est près, plus l'ombre est grande). Le groupe a également remarqué que lorsque l'ombre était à droite, le Soleil était à gauche (et inversement).
<u>Etape n°3</u> : Positions « des soleils » par rapport aux ombres	Malgré la remarque du groupe lors de la recherche documentaire sur le fait que le Soleil est plus éloigné le midi (permettant l'obtention d'une ombre plus courte d'un objet), les soleils ont bien été positionnés à l'opposé de leur ombre, mais tous étaient alignés : la variation de la hauteur du Soleil n'a pas été prise en compte par le groupe lors de l'interprétation des résultats.

Groupe n°5 : observations et remarques	
<u>Etape n°1</u> : analyse du relevé et hypothèses	Comme les autres groupes, les élèves ont remarqué que les différentes directions des ombres étaient dues au mouvement du Soleil dans le ciel. Concernant la variation des tailles de l'ombre, le groupe a émis l'hypothèse que lorsque l'ombre était plus courte, c'était parce qu'une partie du Soleil était cachée par les nuages.
<u>Etape n°2</u> : Etude de documents	Après l'étude documentaire, le groupe a déduit que le Soleil était opposé à l'ombre (<i>terme utilisé par les élèves du groupe</i>). Le groupe a également remarqué que « le Soleil était plus haut quand l'ombre était plus courte ».
<u>Etape n°3</u> : Positions « des soleils » par rapport aux ombres	Le groupe a placé correctement les soleils en forme de courbe (opposés à leurs ombres avec variation de hauteur : plus l'ombre est courte, plus le Soleil est placé en hauteur). Après discussion avec le groupe, je me suis rendue compte que les élèves n'avaient pas placé au hasard les soleils par rapport au dessin mais qu'ils avaient réellement compris que plus le Soleil était haut dans le ciel, plus l'ombre était courte.

On peut remarquer que la majorité des groupes n'a pas eu de difficulté à constater que le Soleil (source lumineuse) était opposé à l'ombre obtenue à l'instant t.

En effet, après avoir fait une mise en commun et après avoir demandé aux élèves de décrire le trajet du Soleil avec les points cardinaux, l'analyse documentaire a permis au groupe classe d'arriver à la constatation suivante : « Le matin, le Soleil se lève vers l'est et le soir, le Soleil se couche vers l'ouest ».

Cependant, seul un groupe sur les cinq (soit 80% de la classe) a réussi à comprendre que la hauteur du Soleil dans le ciel variait selon les différents moments de la journée et que son trajet formait une sorte de « courbe ». Cette difficulté a d'ailleurs persisté lors de la mise en commun, les élèves ayant du mal à comprendre que le Soleil est placé « plus haut » sur le document non pas parce qu'il y a l'arbre mais bien parce qu'il est plus haut dans le ciel à ce moment de la journée.

Même en leur expliquant, je me suis rendue compte que le groupe classe (à part les élèves du groupe 5 ayant fait le lien) n'arrivait pas à transférer les informations tirées des documents. Après les explications ils comprennent que le Soleil est plus haut dans le ciel à midi ; cependant, ils ne placent pas correctement le Soleil de 10h ayant une ombre de taille

moyenne (plus grande que celle du Soleil de 12h, plus courte que celle du Soleil de 9h) soit à une hauteur comprise entre le Soleil de 12h et celui de 9h.

Ainsi, après cette première séance, les élèves ont compris et trouvé le mouvement apparent du Soleil dans la journée (de l'est vers l'ouest). Cependant, l'analyse des documents ne leur a pas permis de comprendre la variation de sa hauteur dans le ciel durant la journée. Même après la mise en commun et les explications supplémentaires fournies, je ne suis pas sûre que tous les élèves aient bien compris le trajet en forme de « courbe » du Soleil. Il faudra vérifier ce point dans l'évaluation sommative et prévoir une remédiation en fin de séquence (utilisant la modélisation).

- ***Avec la modélisation (classe test).***

Le relevé des ombres obtenu lors de la séance précédente a été reproduit et photocopié pour chaque groupe. Après un rapide rappel du protocole qui avait été mis en place pour obtenir le relevé d'ombre du bâton, le matériel suivant a été distribué aux élèves : bâton d'esquimau, lampe torche, pâte à fixe (pour fixer le bâton d'esquimau sur la feuille), le relevé d'ombres.

Lors de cette étape, j'ai laissé les élèves se débrouiller avec le matériel. Dans l'ensemble, les quatre groupes étaient assez agités : les élèves n'ont pas l'habitude de travailler avec les autres et veulent s'accaparer le matériel.

Après quelques régulations, les groupes se sont mis à chercher une solution au problème donné : reproduire les ombres afin d'en déduire le mouvement du Soleil dans la journée.

Voici les observations faites dans les différents groupes :

Observations et remarques faites lors de la séance	
<u>Groupe n°1 :</u>	Le groupe a remarqué les différentes tailles des ombres ainsi que leur changement de direction. Lors de la manipulation avec la lampe, le groupe a réussi, sans aucune aide, à reproduire les différentes ombres du relevé fourni. Les élèves se sont servis des points cardinaux pour décrire le mouvement du Soleil : « Le Soleil monte de plus en plus haut dans le ciel jusque 12h et redescend. Il se déplace de la droite vers la gauche c'est-à-dire de l'est à l'ouest ».
<u>Groupe n°2 :</u>	De même que le premier groupe, les élèves ont remarqué que les ombres avaient des tailles et des directions différentes. Pour le

	<p>groupe, s'il y a des ombres de différentes tailles, c'est parce que le Soleil est plus éloigné donc il éclaire moins le bâton et donc, l'ombre est plus courte.</p> <p>Le groupe a eu quelques difficultés à reproduire les différentes ombres : ce n'est pas la reproduction des ombres dans les différentes directions qui a posé problème (puisque les élèves du groupe ont réinvesti ce qui a avait été vu dans « ombres et lumières » et positionné la lampe dans le sens opposé de l'ombre). Après avoir discuté avec les élèves du groupe, ils ont rapidement réussi à « reproduire » une ombre plus courte. Cependant, les élèves ont eu des difficultés à coordonner les deux et à représenter le mouvement du Soleil, avant de le modéliser correctement.</p> <p>Cependant, les élèves ont réussi à décrire le mouvement du Soleil, sans utiliser les points cardinaux : « Le Soleil se lève vers la droite, il monte dans le ciel et après il redescend vers la gauche ».</p>
<u>Groupe n°3 :</u>	<p>Idem. Le groupe a eu des difficultés à reproduire les mouvements du Soleil.</p> <p>Verbalisation : « Le Soleil change de direction : lorsqu'il monte, on voit moins l'ombre ». Le groupe n'a pas réussi à décrire le mouvement apparent du Soleil en prenant en compte ce qui avait été fait avec le modèle.</p>
<u>Groupe n°4 :</u>	<p>Le groupe a eu de grosses difficultés à se mettre au travail. Lors de la première étape, les élèves ont remarqué le changement de taille mais n'ont pas évoqué le changement de direction.</p> <p>Le groupe a passé beaucoup de temps « à jouer » avec le matériel ; apparemment, les élèves de cette classe n'ont pas l'habitude de manipuler (information vérifiée auprès de l'enseignante de la classe). De plus, la mauvaise entente entre les élèves de ce groupe (constitué de manière hétérogène mais au hasard) ne leur a pas permis d'utiliser le modèle en tant qu'outil pour la recherche. J'ai donc dû travailler avec eux pour les aider.</p>

Ce qui ressort à la fin de cette séance, c'est la difficulté pour les élèves d'utiliser du matériel sans aucune indication. En effet, les élèves de cette classe n'ont pas l'habitude « d'être seuls face un problème avec du matériel pour le résoudre ».

Cependant, les élèves ont bien compris que le Soleil n'avait pas la même hauteur dans le ciel durant la journée (expliquant ainsi les différentes tailles d'ombres obtenues).

- ***Analyse comparative entre les deux classes.***

Le fait d'utiliser le modèle permet aux élèves de travailler directement sur le relevé obtenu lors de la première séance. Pour les élèves ayant cherché des solutions, il semble qu'ils aient mieux compris et caractérisé le mouvement apparent du Soleil durant la journée.

Si l'on compare les deux classes, on peut dire que l'utilisation du modèle a permis de mieux faire comprendre aux élèves la variation de la hauteur du Soleil durant la journée, ce qui n'était pas le cas pour la classe témoin. Cette remarque peut s'expliquer par l'utilisation d'outils intermédiaires pour trouver une solution au problème : la recherche documentaire. En effet, les élèves doivent chercher des réponses à l'aide des documents et transférer les solutions sur le relevé, ce qui a pris plus de temps que dans la classe test (1h30 au lieu de 1h).

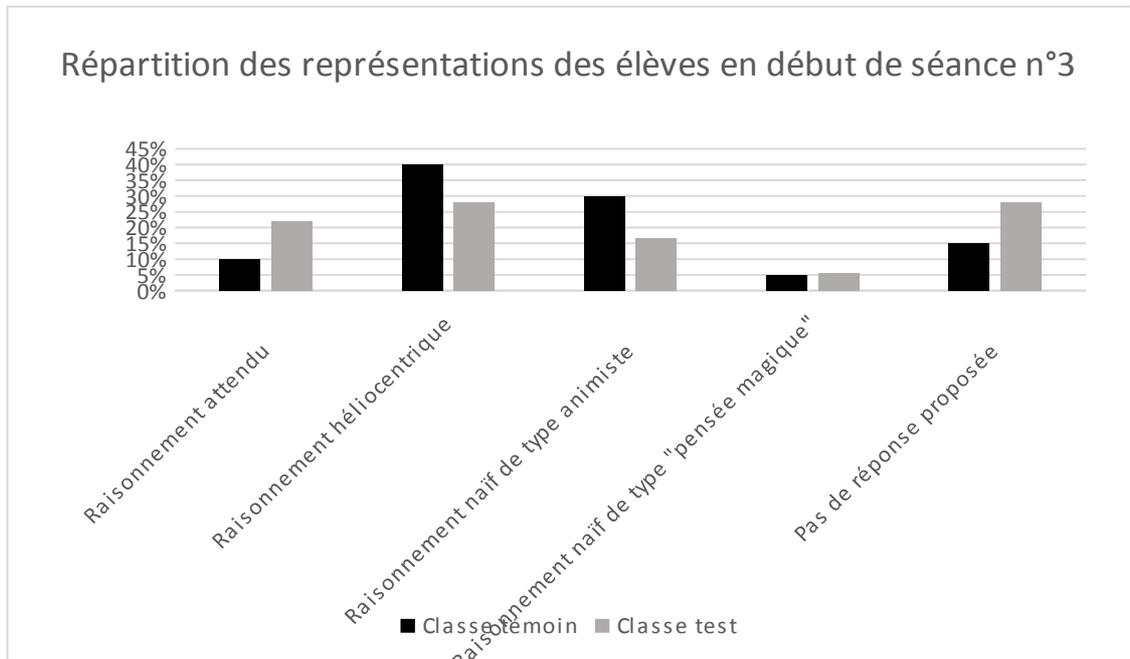
III) Interprétation des relevés obtenus de la séance n°3

cf séance - annexes 6, 7 et 8

- ***Les représentations des élèves au début de la séance (cf annexe n°17)***

Il m'a paru important de questionner de nouveau les élèves afin de voir si leurs représentations ont 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 ont dû prendre en compte le résultat obtenu lors de la deuxième séance sur le mouvement apparent du Soleil dans le ciel.

Répartition des représentations des élèves en début de séance n°3



On peut remarquer que le raisonnement naïf est moins présent que lors des représentations initiales recueillies lors de la séance n°1.

- **Observations lors de la séance 3 avec la classe témoin**

Avant de débiter le travail mis en place, un document a été distribué aux élèves afin qu'ils puissent voir que le Soleil est un élément fixe. A la lecture du document, aucun groupe n'a eu de difficultés à le comprendre. Cette remarque est essentielle pour comprendre les différents phénomènes vus à la suite de la séquence.

Observations et remarques faites lors de la séance	
<u>Groupe n°1 :</u>	<p><i>Doc 2 :</i> Le groupe remarque que c'est le côté droit puis le côté gauche du visage de Julien qui est éclairé par la lumière. A cet instant, on ne peut savoir s'ils ont compris que l'ombre propre de l'objet n'est pas situé du côté de la lampe de poche.</p> <p>Cependant, le groupe a correctement colorié la partie éclairée et la partie non éclairée de la Terre. Tous les élèves sont d'accord pour dire que le jour est représenté par la partie éclairée, et que la partie non éclairée (=ombre propre) représente la nuit.</p> <p>Les élèves ont réussi à localiser le Soleil par rapport à l'image satellite de la Terre vue de l'espace.</p> <p><i>Doc 3 :</i> Afin d'aider les élèves à répondre à la dernière question du document n°3, le problème suivant leur a été posé : « La croix représente la France ; comment faire pour que la croix se retrouve</p>

	dans la partie non éclairée ? ». A cette question, les élèves ont répondu qu'il fallait que la Terre tourne sur elle-même.
<u>Groupe n°2 :</u>	<p><i>Doc 2 :</i> Le groupe a remarqué que la lampe se trouvait du côté de la partie éclairée du visage de Julien. Le groupe a colorié correctement la partie de la Terre éclairée par le Soleil.</p> <p><i>Doc 3 :</i> Les élèves n'ont pas réussi à interpréter correctement l'image satellite de la Terre. Le groupe a d'abord trouvé la solution suivante : « La Terre tourne autour du Soleil ». Après avoir fait un retour avec eux sur le document n°1 (<i>Le Soleil est fixe</i>), le groupe a proposé la solution suivante : « La Terre se met de l'autre côté du Soleil ». Ainsi, je leur ai distribué le document d'aide pour la différenciation. Cependant, le groupe n'a pas réussi à me formuler une réponse.</p>
<u>Groupe n°3 :</u>	Idem que le groupe 1
<u>Groupe n°4 :</u>	<p><i>Doc 2 :</i> Le groupe a répondu correctement aux questions et a colorié correctement la partie de la Terre éclairée par le Soleil.</p> <p><i>Doc 3 :</i> Les élèves du groupe n'ont pas réussi à comprendre l'image satellite de la Terre. Cependant, ils ont bien répondu à l'ensemble des questions du document. Le groupe a répondu au problème en proposant la solution suivante : « Il faut bouger la lampe de l'autre côté (<i>donc le Soleil</i>). » Après leur avoir fait un rappel du document n°1, les élèves ont formulé l'hypothèse suivante : « Il faut que la Terre tourne sur elle-même ».</p>
<u>Groupe n°5 :</u>	Idem que le groupe 4

La plupart des groupes a réussi à formuler une hypothèse correcte et à comprendre le phénomène avec la simple étude documentaire. Cependant, les élèves ont dû être guidés par des questions intermédiaires.

- ***Observations de la séance 3 avec la classe test***

L'ensemble des groupes a d'abord travaillé sur le premier et le deuxième document. Comme dans la classe témoin, les élèves n'ont eu aucune difficulté à colorier la partie non éclairée de la Terre.

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

Les hypothèses émises par les groupes avec le modèle	
<u>Groupe n°1 :</u>	Les élèves du groupe ont d'abord eu des difficultés à trouver une solution : ils ont alors proposé « de bouger » la lampe. Après leur avoir fait relire le document n°1, ils ont pensé à faire tourner la Terre sur elle-même mais « ont eu du mal » à verbaliser leur action : « il faut changer de côté ».
<u>Groupe n°2 :</u>	Le groupe s'est rappelé que le Soleil est l'élément fixe. Les élèves ont alors tenté de faire bouger la Terre (sans suivre l'axe de rotation, mais du Nord au Sud). Ils n'ont pas réussi à trouver la solution adéquate : ils ont bien fait tourner la Terre, mais sans se préoccuper du sens.
<u>Groupe n°3 :</u>	Idem que le groupe n°1
<u>Groupe n°4 :</u>	Les élèves ont fait bouger la lampe torche afin de répondre au problème. Cependant, après leur avoir fait remarquer que le Soleil était l'élément fixe du système solaire, le groupe n'a pas réussi à trouver une autre solution.

Les élèves semblent être globalement motivés sachant qu'ils vont pouvoir manipuler. La manipulation est cependant peu habituelle et les élèves ne cherchent qu'une seule solution au problème, sans vérifier si leur solution coïncide avec les remarques faites précédemment.

Lors de la modélisation en commun, les élèves semblent tous très intéressés par la manipulation du modèle.

- ***Analyse comparative entre les deux classes***

Contrairement à la classe témoin, les groupes de la classe test n'ont pas proposé l'hypothèse suivante : « faire tourner la Terre autour du Soleil pour expliquer l'alternance des jours et des nuits ». Cette remarque peut s'expliquer par le modèle lui-même : en effet, la lampe de poche n'éclaire que dans une direction. Bien que représentant le Soleil (qui lui éclaire dans toutes les directions), les élèves n'ont sûrement pas pensé à faire bouger la

Terre tout en faisant tourner la lampe de poche (abstraction trop grande pour eux ?). Il aurait peut-être fallu utiliser une simple ampoule (qui éclaire dans toutes les directions, mais dangereuse pour laisser les élèves manipuler seuls).

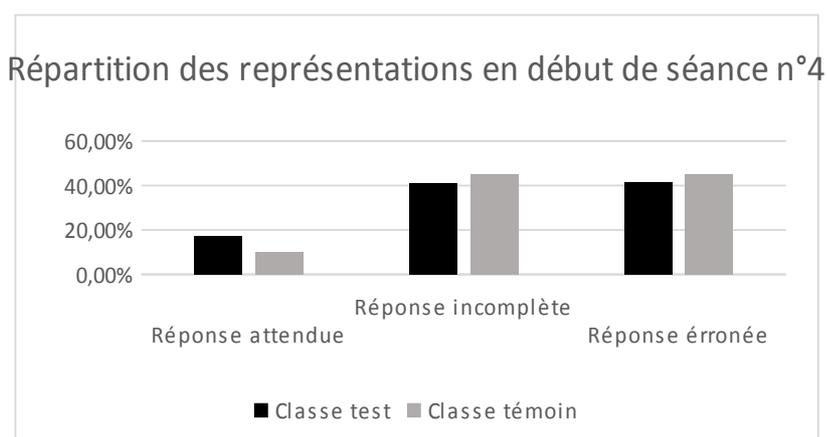
Presque l'ensemble des groupes des deux classes a réussi à comprendre le phénomène. Cependant, j'ai remarqué lors de la mise en commun que le groupe de la classe test qui n'avait pas trouvé de solution avait tout de suite compris le phénomène (et est venu manipuler), alors que les élèves du même groupe de la classe témoin semblaient plus dubitatifs lors de l'explication. Ici, il me semble que le modèle est plus fonctionnel et a fourni une explication beaucoup plus simple pour les élèves.

IV) Interprétation des relevés obtenus de la séance n°4

Cf séance – annexes 9, 10, 11.

- ***Les représentations des élèves au début de la séance (cf annexe n°18)***

Au début de la séance, les élèves ont répondu à la question suivante : « Y a-t-il des jours plus longs dans l'année ? Si oui, quand ? ». Ici, ces représentations n'apportent pas d'informations sur la modélisation puisqu'il s'agit de savoir quelles connaissances les élèves possèdent, sans devoir expliquer le phénomène. Les représentations ont été classées en fonction des catégories suivantes : réponse attendue (= jours plus longs en été et/ou jours plus courts en hiver), réponse incomplète (= oui il y a des jours plus longs / les jours sont plus longs en été / les jours sont plus courts en hiver).



Le recueil des représentations des élèves m'a permis de savoir s'ils devaient travailler sur la variation des jours dans l'année. Il est apparu que seuls 10% des élèves de la classe test et 17,5% des élèves de la classe témoin savent à quelle période se situent le jour le plus long et le jour le plus court de l'année. De plus, aucun élève n'a abordé la diminution ou

l'augmentation de la durée des jours en automne ou en mars. Ainsi, la répartition des représentations des élèves m'a fait modifier la première étape qui était prévue pour cette séance : le travail initialement plus court a été remplacé par un travail plus important durant lequel les deux classes ont construit un graphique de la variation des jours durant l'année. ***(cf annexe n°13)***

Le travail sur la durée des jours durant l'année a été réussi par l'ensemble des groupes des deux classes. Ainsi, tous ont trouvé que la journée la plus longue était en été alors que la journée la plus courte était en hiver et ont pu observer l'évolution de la durée des jours en fonction des différents mois de l'année (travail sur les tableaux et graphiques faits en mathématiques lors de la période précédente).

- ***Observations lors de la séance 4 avec la classe témoin***

Après la construction du graphique, les élèves ont travaillé sur le document n°3 afin de comprendre que la variation de la durée des journées dans l'année est due à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre.

Observations et remarques faites lors de la séance	
<u>Groupe n°1 :</u>	Le groupe a réussi à répondre correctement aux différentes questions du document. En demandant aux élèves la différence entre les deux expériences, le groupe remarque qu'il s'agit « du changement de l'axe de la Terre » (<i>comprendre l'inclinaison de l'axe de la Terre</i>). Les élèves ont su réinvestir le travail sur le graphique fait en amont.
<u>Groupe n°2 :</u>	Idem. Cependant, le groupe a eu des difficultés à formuler une réponse pour la question 6 « Explique pourquoi les journées n'ont pas la même durée pendant l'année ».
<u>Groupe n°3 :</u>	Le groupe a réussi à répondre aux premières questions (réinvestissement de la séance précédente). Cependant ils ont eu des difficultés à trouver l'hypothèse correcte (travail avec le globe incliné). Après discussion et en guidant le groupe avec d'autres questions, les élèves ont réussi à répondre à la question 6 « C'est parce que la Terre est penchée ».
<u>Groupe n°4 :</u>	Idem que le groupe n°1

<u>Groupe n°5 :</u>	<p>Idem que le groupe n°3.</p> <p>Seule différence : les élèves n'ont pas réussi à répondre aux dernières questions. Le groupe a bien compris que l'hypothèse correcte était la deuxième. Cependant dans cette seconde expérience le globe n'est pas penché (mais l'axe est incliné), alors que dans l'expérience n°1 le globe est incliné, mais l'axe de rotation est vertical.</p> <p>Le groupe a formulé la réponse suivante : « Les journées n'ont pas la même durée dans l'année quand la Terre est droite (<i>sous-entendu lors que l'axe de rotation est incliné</i>) ».</p>
---------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Globalement, les élèves ont quasiment tous réussi à formuler une réponse au problème posé. Le fait de passer plus de temps sur la première étape (consistant à construire un graphique des variations de la durée des journées en fonction de l'année) a été bénéfique pour l'ensemble des élèves et leur a permis de réinvestir ce travail pour la suite de la séance.

- **Observations de la séance 4 avec la classe test**

Avant de débiter la séance, un axe (modélisé par un crayon de bois) a été ajouté à la boule de polystyrène représentant la Terre afin de modéliser son axe de rotation (déterminé lors de la séance précédente).

Lors de cette séance, le modèle est utilisé comme outil de recherche, afin de trouver une solution au problème qui s'est posé en début de séance : « Comment expliquer qu'il y ait des jours plus longs dans l'année ? ».

Observations et remarques dans les différents groupes	
Groupe n°1	Le groupe a fait plusieurs tentatives et a trouvé un moyen « d'avoir des jours plus longs que les nuits », en modifiant la trajectoire de la lampe de poche. Je suis donc intervenue pour leur rappeler que le Soleil est un point fixe du système solaire. Le groupe a donc fini par trouver la position de la Terre en été et en hiver (sans avoir l'idée de faire tourner la « Terre » autour de la lampe de poche).
Groupe n°2	Le groupe a testé plusieurs configurations afin d'obtenir des journées plus longues. Dans un premier temps, les élèves ont placé la lampe au-dessus de la boule de polystyrène (au niveau de l'hémisphère nord) ; de cette manière, tout le trajet de la France était éclairé : les élèves en ont déduit que dans cette configuration il ferait jour toute la journée (jour le plus long). Le groupe a procédé de la même manière pour trouver la nuit la plus longue en

	<p>hiver : les élèves ont placé la lampe de poche en dessous de la boule de polystyrène (au niveau de l'hémisphère sud). Ils pensaient alors avoir trouvé la solution au problème posé.</p> <p>J'ai alors dû intervenir en leur faisant faire un retour sur le document étudié précédemment et leur poser les questions suivantes : « Quelle est la durée du jour le plus long ? de la nuit la plus longue ? ». Ainsi, le groupe a remarqué qu'il avait trouvé un début de réponse, mais pas la solution au problème posé (en effet, il faut que les jours soient plus longs que les nuits, mais pas au point que les nuits soient inexistantes).</p> <p>Après 5min de recherche, les élèves ont réussi à trouver un jour plus long que la nuit, en modifiant la trajectoire de la lampe de poche. Je leur ai donc rappelé ce qui avait été vu lors de la séance précédente : le Soleil est un point fixe du système solaire.</p> <p>Le groupe a alors trouvé la solution au problème en inclinant l'axe de la Terre.</p>
Groupe n°3	<p>Le troisième groupe a cherché plusieurs moyens d'avoir des nuits plus longues : il tenait l'axe de rotation de la Terre horizontal et a cherché un moyen de cacher la lumière de la lampe de poche qui arrivait sur la boule en utilisant des feuilles de papier. Après avoir questionné les élèves, ces feuilles représentaient les nuages qui empêchent le soleil de passer en hiver.</p>
Groupe n°4	<p>Un problème majeur s'est posé pour ce groupe : les lampes de poche restantes n'éclairaient pas assez pour percevoir clairement la partie non éclairée de la Terre. Les élèves ne percevaient qu'une petite partie éclairée de la Terre lorsque celle-ci avait son axe vertical.</p> <p>Après avoir emprunté la lampe du premier groupe, les élèves ont cherché une solution mais n'ont finalement pas réussi à résoudre le problème dans le temps qui leur était imparti.</p>
Groupe n°5	<p>Ce groupe n'a pas cherché à utiliser le matériel pour proposer une solution. Ils se sont contentés de reproduire le phénomène des jours et des nuits, sans se préoccuper de l'axe de rotation ou même des deux hémisphères présents sur la boule.</p>

Après la phase de recherche menée par chaque groupe, quelques élèves sont venus présenter les solutions trouvées à leurs camarades. Ainsi, tous les élèves ont pu visualiser le phénomène expliquant la variation des jours durant l'année : l'axe de la rotation de la Terre incliné. Durant cette phase collective, plusieurs élèves ont remarqué que pour que la Terre passe de « la position été » à « la position hiver », il suffisait que la Terre tourne autour du Soleil. A partir de là, les élèves ont spontanément essayé de trouver la position

« du printemps » et de « l'automne ». Le dernier document a permis de leur donner le sens de révolution de la Terre autour du Soleil.

Durant cette séance, j'ai remarqué que certains élèves manipulaient sans faire de lien avec ce qu'il fallait chercher. L'utilisation du modèle comme outil de recherche semble difficile pour ces derniers.

Le problème majeur qui s'est posé était la forte luminosité dans la classe (soleil donnant sur la classe ce jour-là et rideaux peu efficaces ou absents pour certaines fenêtres). Ainsi, selon les types de lampes de poche utilisés, les groupes d'élèves n'ont pas toujours réussi à délimiter la partie éclairée et la partie non éclairée de la boule de polystyrène.

- *Analyse comparative entre les deux classes.*

L'utilisation du modèle en tant qu'outil de recherche est difficile à utiliser pour les élèves : en effet, ils doivent essayer de trouver eux-mêmes des solutions alors qu'ils ont plutôt l'habitude de chercher les réponses au problème donné dans des documents.

Ici, trois des cinq groupes de la classe test se sont rapidement découragés après quelques minutes de recherche, dont un qui s'est mis à jouer avec le matériel. Cependant, la motivation et la satisfaction n'en ont été que plus grandes pour les groupes proposant des débuts de réponses et même LA solution. En revanche, presque tous les groupes de la classe témoin ont réussi à trouver une solution avec la recherche documentaire.

Globalement, j'ai pu remarquer que l'utilisation d'objets pour modéliser un phénomène motive davantage les élèves (plus attractif que la recherche documentaire).

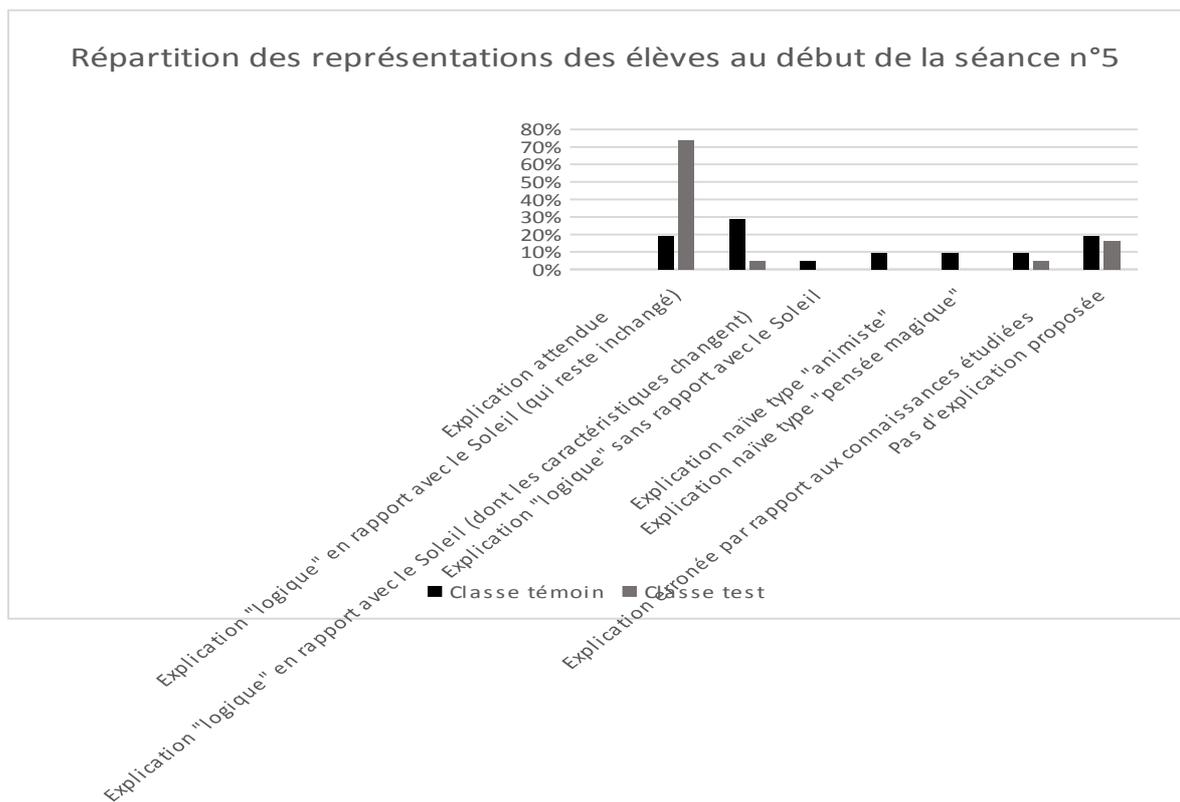
Concernant les élèves les plus en difficulté, il semble que l'utilisation du modèle lors de la mise en commun soit bénéfique et facilite leur compréhension du phénomène (même s'ils n'ont pas réussi à trouver de solution avec le modèle utilisé en tant qu'outil) car ils peuvent le visualiser. En revanche, il m'a semblé plus difficile d'expliquer le phénomène (sans aucun matériel) aux élèves de la classe témoin qui n'avaient pas compris. D'ailleurs, même en faisant un dessin au tableau, je reste sceptique sur la compréhension du phénomène pour certains élèves. En effet, la compréhension par le dessin nécessite un effort important d'abstraction qui est difficile pour des élèves de 8-9ans.

V) Interprétation des relevés obtenus de la séance n°5

Cf séance – annexes 14, 15, 16

- ***Les représentations des élèves en début de séance (cf annexe n°19)***

Pour débiter la séance, les élèves ont dû répondre à la question suivante : « Pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ? ». Les représentations des élèves ont été classées. Ici, j'ai distingué trois types de représentations « logiques » : en effet, dans les trois cas, les enfants ont cherché des liens de cause à effet en essayant de réinvestir les connaissances acquises précédemment. Les premiers types de représentations « logiques » sont en rapport avec le Soleil, c'est-à-dire que les élèves ont pris en compte le Soleil pour répondre à la question (car ils ont compris lors de la séance précédente que le Soleil permet, d'une certaine façon, d'avoir des saisons) : dans le premier cas, le Soleil garde les mêmes caractéristiques (pas de changement d'intensité ou de taille), dans le second cas, les caractéristiques du Soleil sont modifiées.



On remarque que la répartition des représentations entre les élèves des deux classes est très différente. Dans la classe test, les $\frac{3}{4}$ des élèves ont essayé de donner une explication logique en rapport avec le Soleil sans pour autant changer ses caractéristiques. Ceci peut peut-être s'expliquer par l'utilisation du modèle : en effet, le Soleil est modélisé

par une balle de taille unique ce qui peut expliquer que les élèves ne pensent pas à modifier sa taille ; cependant, cela n'explique pas qu'ils ne fassent pas varier la distance Terre-Soleil ou l'intensité du Soleil. Il semble que lors des séances précédentes, les élèves aient compris les liens de cause à effet entre le Soleil et la Terre, même s'ils ne trouvent pas la réponse correcte.

De plus, on remarque qu'aucun élève de la classe n'a proposé de raisonnement naïf (alors que ce type de raisonnement représentait environ 40% de la classe lors de la première séance) : il semblerait que les élèves aient préféré ne pas répondre à la question plutôt que de proposer une explication sans lien logique, ce qui montre une véritable prise en compte de ce qui a été vu et une véritable réflexion sur les liens de cause à effet.

Que ce soit dans la classe test ou dans la classe témoin, on peut remarquer que le type de représentations des élèves a fortement évolué au cours de la séquence. Cependant, il semble que les élèves de la classe test aient abandonné les raisonnements naïfs (grâce à la modélisation ?).

Avant de débiter la séance, nous avons mis en commun les différentes hypothèses et éliminé celles qui n'étaient pas compatibles avec les remarques faites lors des séances précédentes : différentes tailles du Soleil, Soleil qui brille plus, éloignement Terre-Soleil, nuages plus importants en hiver qui empêchent les rayons du Soleil d'atteindre la Terre.

- **Observations de la séance 5 avec la classe témoin**

Observations et remarques	
<u>Groupe n°1 :</u>	DOC 1 : Le groupe a rencontré des difficultés à comprendre la signification du mot « concentration ». Après avoir discuté avec le groupe, les élèves ont compris que la lumière était moins concentrée dans le cas où elle était « plus étalée » (expérience n°2). Ils ont donc facilement trouvé le carré de chocolat qui fondait le plus vite et ont attribué facilement à chaque expérience une saison. Ils ont tout de suite fait remarquer que la différence entre les deux expériences était l'orientation de la lampe. J'ai alors demandé au groupe quelle était l'orientation des rayons partant de la lampe ; ils ont essayé de modéliser ceux-ci avec leurs doigts. Ils en ont donc déduit que les changements de saisons étaient dus « aux rayons horizontaux » (<i>comprendre « inclinaison »</i>).
<u>Groupe n°2 :</u>	Idem que groupe n°1, sauf pour la verbalisation : « Il fait froid en hiver car les rayons sont penchés »
<u>Groupe n°3 :</u>	Ce groupe a eu des difficultés à différencier « l'espace éclairé » et

	la concentration ; pour ce groupe, il y a plus de lumière quand un espace plus grand est éclairé. Il a été difficile de leur expliquer sans lampe de poche pour montrer la différence de luminosité. Cependant, après avoir compris le lien entre l'un et l'autre, le groupe a réussi à attribuer à chaque expérience une saison. Cependant, j'ai dû intervenir pour leur faire comprendre que la variation des saisons était due à l'inclinaison des rayons du Soleil.
<u>Groupe n°4 :</u>	Idem que le groupe n°1
<u>Groupe n°5 :</u>	Idem que le groupe n°3

Lors de la seconde étape, quatre groupes ont dessiné la Terre en été d'une part et la Terre en hiver d'autre part : ils ont fait deux dessins au lieu d'un (mis à part le groupe n°1), avec des « Terres » de différentes tailles (ce qui était gênant pour représenter les rayons du Soleil). Ainsi, avant que les élèves ne se lancent dans le dessin de la Terre et du Soleil et ne dessinent les rayons, une mise au point collective s'est imposée : nous avons donc rappelé collectivement que le Soleil était l'élément fixe du système solaire et qu'il devait être placé, par convention, au centre de la feuille.

Trois groupes ont dû vérifier dans le classeur la position de la Terre en été et en hiver. Lorsque les élèves ont dessiné les deux faisceaux lumineux provenant du Soleil (un arrivant au niveau de l'hémisphère nord de chaque Terre), quatre groupes avaient repéré que la « partie de la Terre » atteinte par les rayons était plus grande pour la Terre positionnée en été. Ils en ont donc confirmé ce qu'ils avaient compris dans les documents. Cependant, nous n'avons pas pu aller plus loin et vérifier l'inclinaison des rayons du Soleil par rapport à la Terre ; en effet, cette étape demandait un trop gros effort d'abstraction, que les élèves de cet âge sont incapables de faire ; les élèves n'ont pu faire le lien avec l'inclinaison des rayons de la Terre que par le biais des documents n°1 et n°2.

Cette séance a été plus difficile que les autres : l'ensemble des élèves a eu des difficultés à comprendre réellement le phénomène. En effet, beaucoup de groupes ont réinvesti la séance précédente pour positionner la Terre en fonction des saisons autour du Soleil.

- ***Observations de la séance 5 avec la classe test.***

De même que pour la classe témoin, les élèves ont eu à étudier une partie du document n°1 : « L'inclinaison des rayons du Soleil », celle avec la lampe et le carré de chocolat.

Les groupes ont dû utiliser la lampe de poche afin de modéliser l'orientation de la lumière dans les deux expériences.

Afin de déterminer la saison à laquelle correspond chaque expérience, les élèves ont été guidés par une série de questions.

Groupe n°1 : observations et remarques	
<u>Etape n°1</u> : Etude de l'inclinaison des rayons du Soleil	Le groupe a répondu correctement aux questions : les élèves ont remarqué que la lampe inclinée permettait d'éclairer une plus grande surface, mais que dans ce cas, au niveau d'un point, l'intensité lumineuse était plus faible que dans le cas où la lampe était positionnée verticalement. Ils en ont donc facilement déduit la saison correspondante à chaque expérience. Ils ont donc compris que la variation des saisons était due à l'inclinaison des rayons du Soleil « En hiver, comme les rayons sont penchés, la lumière est moins concentrée et il fait plus froid ».
<u>Etape n°2</u> : Utilisation du modèle	Le groupe, en réutilisant les connaissances acquises lors de la séance précédente, a réussi à positionner correctement la Terre « en hiver » et « en été ». Cependant, il a fallu aider les élèves afin de terminer la trajectoire des rayons du soleil et leur degré d'inclinaison par rapport à la Terre (modélisation avec de la laine).

Les mêmes observations ont pu être faites avec les autres groupes, à quelques différences près :

	Différence(s) pour l'étape n°1	Différence(s) pour l'étape n°2
Groupe 2	Difficultés à faire la différence entre « la concentration » de la luminosité et la surface éclairée : « la concentration de lumière est plus importante lorsque la lampe est penchée ».	Le groupe arrive à modéliser la trajectoire des rayons du Soleil mais se heurte à la difficulté suivante : les élèves n'arrivent pas à orienter correctement la boule pour modéliser l'inclinaison des rayons du Soleil par rapport au sol.
Groupe 3	Aucune	Aucune
Groupe 4	Aucune	Aucune
Groupe 5	Difficulté à faire le lien entre « la luminosité plus forte – la concentration de la lumière – le fait qu'il fasse plus chaud ».	N'arrive pas à repositionner la Terre « en été » et « en hiver », malgré la modélisation utilisée lors de la séance précédente. Aide de l'enseignante requise.

L'ensemble des élèves a facilement fait le lien entre « la surface éclairée » et « la concentration » grâce à l'utilisation de la lampe de poche.

Cependant, visualiser l'inclinaison des rayons sur la Terre (en les modélisant avec des fils de laine) a été difficile pour beaucoup d'élèves (il fallait ensuite percevoir les rayons comme s'ils étaient sur la Terre donc parallèlement à un point de la surface de la boule de polystyrène).

A la fin de la séance, il me semble que l'utilisation du modèle pour visualiser les rayons du Soleil est une tâche trop complexe pour les élèves (bien qu'ils se rendent compte que la lumière est moins concentrée dans la configuration de la Terre en hiver).

Ici, l'utilisation du modèle est bénéfique à la fin de la séance pour visualiser l'ensemble des mouvements de la Terre autour du Soleil.

- ***Analyse comparative entre les deux classes.***

Dans la phase de recherche, l'ensemble des élèves a eu des difficultés à comprendre et à restituer le phénomène de « degré d'inclinaison » des rayons du Soleil. Malgré tout, la modélisation des rayons avec la laine a semblé marquer davantage les élèves de la classe test qui ont quand même mieux perçu, du moins pour certains, l'inclinaison des rayons en comparaison avec les élèves de la classe témoin.

On remarque une différence plus nette lors du bilan sur les mouvements de la Terre autour du Soleil : les élèves de la classe témoin ont réussi à donner les différents mouvements, tout en faisant des gestes de la main pour expliquer (*tourne sur elle-même – tourne autour du Soleil*). Afin d'illustrer les dires des élèves, j'ai fait un dessin au tableau qui a récapitulé les mouvements de la Terre autour du Soleil.

Il faut noter que le phénomène permettant d'expliquer « pourquoi il fait plus chaud en été qu'en hiver » est complexe pour le début du cycle 3. Cependant, ce point est intéressant du point de vue de la recherche : en effet, aucun point de la trace écrite ne reprend cette explication. Ainsi, on peut supposer que seuls les élèves ayant réellement compris le phénomène pourront restituer cette explication en évaluation une semaine plus tard.

VI) L'évaluation sommative.

Afin d'évaluer les élèves d'une part sur l'évolution de leurs représentations et d'autre part sur les connaissances acquises lors de cette séquence, une évaluation a été établie en deux parties : la première sur les phénomènes étudiés lors de la séquence (cf annexes n°20 et 21), la deuxième partie axée sur des hypothèses à affirmer ou non. (cf annexe n°22).

La première partie de l'évaluation est une série de huit questions portant sur les points suivants :

- Retrouver le mouvement apparent du Soleil dans la journée (question 1)
- Trouver l'ombre propre de la Terre (question 2)
- Expliquer pourquoi il y a des jours et des nuits (question 3)
- Déterminer le jour le plus long et le plus court de l'année (question 4)
- Expliquer pourquoi la durée des jours varie durant l'année (question 5)
- Choisir la représentation correcte des mouvements de la Terre autour du Soleil (question 6)
- Placer correctement les saisons sur cette représentation (question 7)
- Expliquer pourquoi il fait plus chaud en été qu'en hiver (question 8).

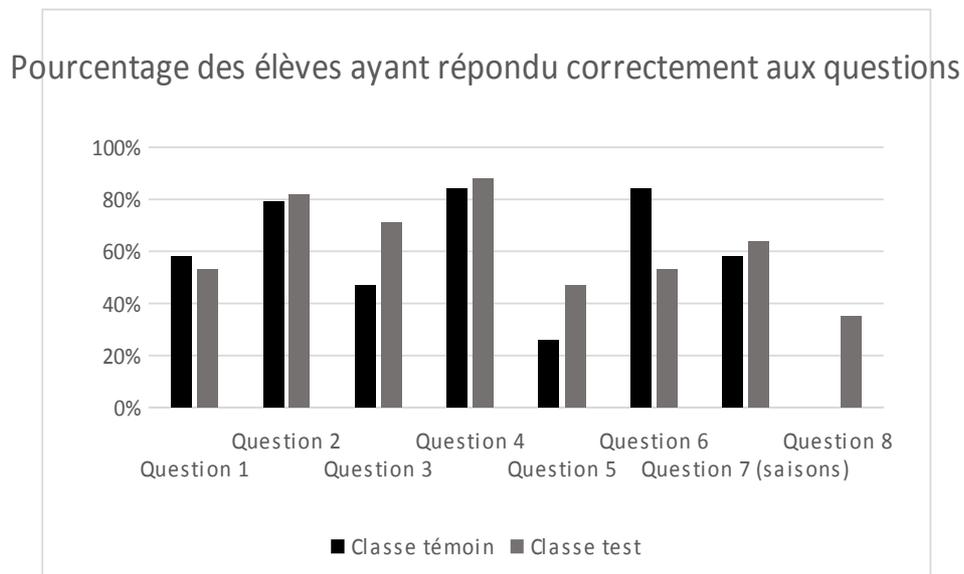
La question n°8 de l'évaluation a un intérêt uniquement dans le cadre de la recherche du fait de sa complexité : cette question a été traitée durant la séance n°5 mais n'a pas été ajoutée à la trace écrite des élèves. Le fait de poser cette question aux élèves permet d'évaluer s'ils ont réellement compris le phénomène (et ne pas répondre à une question dont la réponse se trouve dans la trace écrite) : ainsi, on peut supposer que si les élèves répondent correctement à la question, c'est qu'ils ont vraiment compris le phénomène étudié.

Quant à la seconde partie de l'évaluation, elle consiste à affirmer ou non les hypothèses suivantes, afin de voir si et comment les représentations initiales des élèves ont évolué après la séquence :

- Le Soleil tourne autour de la Terre (Faux : *La Terre tourne autour du Soleil*)
- La Terre tourne sur elle-même en 365 jours (Faux : *La Terre tourne sur elle-même en 24h*)

- Il fait plus chaud en été dans l'hémisphère nord parce qu'il fait jour plus longtemps (*Faux : les phénomènes coïncident mais ne sont pas en lien de cause à effet*)
- Le jour le plus long de l'année est en été (*Vrai*)
- Le Soleil est plus haut dans le ciel à midi qu'à 14h (*Vrai*)
- La direction de l'axe de rotation de la Terre change en fonction des saisons (*Faux*)
- Il fait plus froid en hiver car le Soleil est plus éloignée de la Terre (*Faux : Il fait plus froid en hiver à cause de l'inclinaison des rayons du Soleil*).

• **Résultats et analyses des évaluations (cf annexes n°23 et 24)**



Commentaires pour la question 1 : Dans la classe témoin, 95% des élèves ont retrouvé que « le soleil se lève vers l'est et se couche vers l'ouest ». Cependant, comme lors de la séance n°1, ils n'ont pas tous pensé à modifier la hauteur du Soleil dans le ciel en fonction des différents moments de la journée ; seuls 58% des élèves ont fait attention aux deux variables.

En regardant le graphique des résultats obtenus, on peut voir que le pourcentage de réussite des élèves est similaire pour les questions 1, 2, 4 et 7. Ces questions n'ont pas nécessité l'utilisation du modèle : la deuxième question est une question déjà étudiée dans

la séquence « ombres et lumières » alors que les réponses aux questions 1,2 et 7 ne nécessitent pas spécifiquement la compréhension des phénomènes.

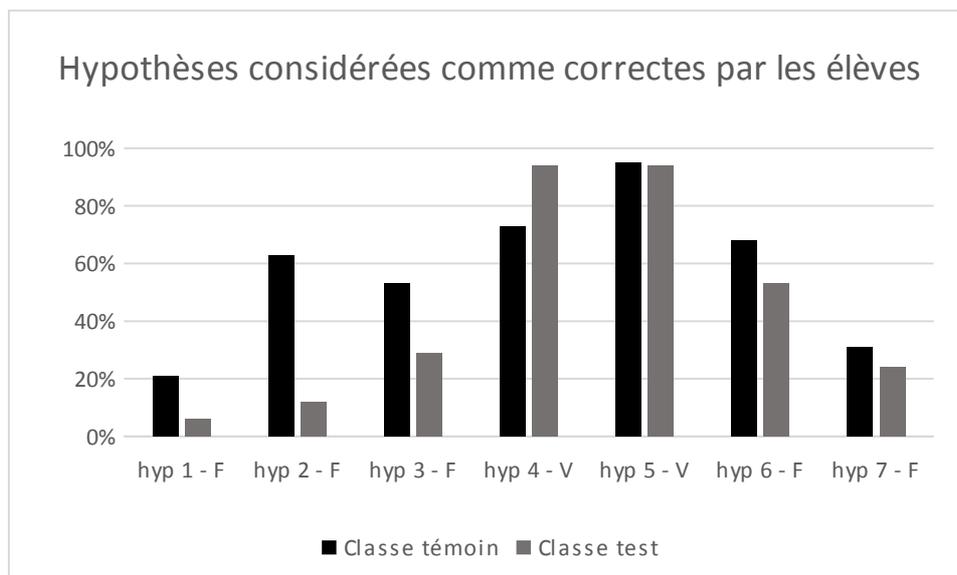
En revanche, on peut remarquer des disparités pour les questions 3, 5 et 6.

Ces questions demandent l'explication d'un phénomène particulier étudié pour la classe test avec l'aide du modèle. Presque 1/3 de plus des élèves de la classe test ont répondu à la question impliquant la rotation de la Terre pour expliquer le phénomène des jours et des nuits et presque deux fois plus d'élèves ont su justifier que l'axe de rotation incliné de la Terre permettait d'avoir des jours ou des nuits plus longues. On peut supposer, à la vue des résultats des évaluations, que les élèves de la classe test ont mieux compris le phénomène grâce à l'utilisation du modèle et l'ont retenu plus facilement.

Cependant, on peut voir que les élèves de la classe test n'ont pas tous su choisir la bonne représentation (presque 50% ont modifié l'inclinaison de l'axe de la Terre en fonction des saisons). On pourrait penser que l'explication serait également liée à l'utilisation non rigoureuse du modèle lors de la séance n°5 : si les groupes ont « manipulé la Terre » lors de la séance sans faire attention à l'inclinaison de l'axe, ils sont restés sur cette représentation mentale et ne l'ont pas rectifiée lors de la modélisation collective (ou n'y ont pas prêté attention). Il aurait fallu que je fasse davantage attention à l'utilisation du modèle dans les différents groupes lors de la séance ou encore insister davantage sur ce point lors de la modélisation en collectif.

Concernant la question n°8, seuls les élèves de la classe test y ont répondu correctement (environ 30%). Cette question, traitée uniquement dans la séance n°5 et sans aucune référence dans la trace écrite, faisait appel uniquement à la mémoire des élèves. Ainsi, on peut supposer que les élèves ayant mémorisé ce point sont ceux qui ont compris le phénomène lors de la séance. Il semble donc que pour cette explication plutôt complexe, l'utilisation du modèle soit bénéfique.

Cependant, il ne faut pas négliger la possibilité que les élèves se soient simplement souvenus de la manipulation avec la laine et aient su répondre à la question sans en comprendre réellement sa portée.



A la vue du graphique, on peut voir que l'ensemble des élèves de la classe test a choisi les bonnes hypothèses (1, 2, 3, 4, 5 et 7). Quant à l'hypothèse n°6, la plupart des élèves pense que l'axe de rotation de la Terre change d'inclinaison selon les saisons (ce qui rejoint le constat fait lors de la première partie de l'évaluation). Le bilan est plus mitigé pour l'hypothèse n°7 : en effet, presque 40% des élèves avaient répondu correctement à la question « pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ? » alors qu'ici, seuls 22% des élèves réfutent l'hypothèse : « C'est parce que le Soleil est plus proche de la Terre ».

On peut remarquer que les élèves de la classe témoin ont commis plus d'erreurs sur la validation ou la réfutation des hypothèses ; cependant, que ce soit dans une classe ou dans l'autre, les représentations des élèves ont bien évolué avec la séquence proposée.

Si l'on prend en compte « les résultats habituels » des évaluations en sciences des élèves, on peut dire que les élèves ont globalement réussi à répondre aux questions et à modifier, pour plus de 60%, leurs représentations initiales.

Cependant, la modélisation semble avoir profité davantage aux élèves de la classe test qui ont mieux répondu aux questions sur les phénomènes d'alternance de jour et de nuit, de variation de la durée du jour dans l'année ainsi que la variation des saisons. Ainsi, le modèle semble avoir davantage consolidé les explications et facilité la compréhension de ces phénomènes non directement observables.

Concernant la classe témoin, j'ai répertorié et analysé les réponses des élèves sans corriger leurs évaluations. Puis, j'ai mis en place une séance de 30 minutes afin de travailler sur le modèle avec les élèves (pour aboutir à la construction d'une maquette).

Ce n'est qu'après cette séance que les élèves pourront apporter des modifications à leurs évaluations et qu'elles seront corrigées et notées (pour éviter les discriminations avec les élèves de l'autre classe).

Il m'a semblé important de comparer les résultats des évaluations de la classe test et les évaluations des élèves de la classe témoin après l'utilisation du modèle.

- ***Remédiation par la modélisation dans la classe témoin (cf annexe n°24 et 25)***

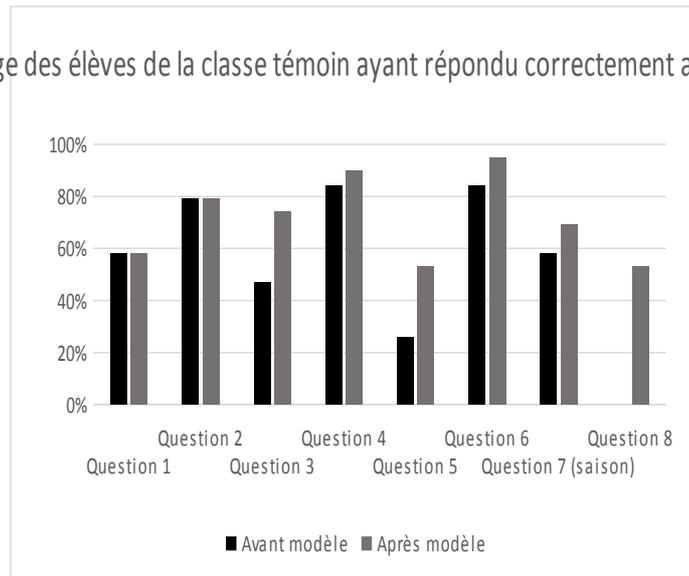
Après l'évaluation, j'ai proposé à la classe une séance de remédiation avec les élèves utilisant le modèle. Lorsque j'ai donné le matériel afin qu'ils puissent simuler les mouvements de la Terre autour du Soleil, j'ai remarqué que les élèves avaient quelques difficultés à modéliser le phénomène. Après avoir travaillé avec le modèle, nous avons construit une maquette afin de fixer les idées des élèves.

Cette séance utilisant le modèle (avec les mêmes matériaux que dans la classe témoin) a abouti à une maquette (***cf annexe n°25***).

Après cette remédiation, j'ai voulu voir si certains points avaient été mieux compris par les élèves. Je leur ai donc proposé de reprendre l'évaluation faite précédemment (en laissant passer une semaine) et d'apporter les corrections qu'ils voulaient en vert (copies où je n'avais apporté aucune correction ni aucun commentaire) ; ainsi, les élèves n'avaient aucune indication pour savoir quelle(s) question(s) ils devaient reprendre.

Après cette évaluation, j'ai décidé de reporter les réponses données par les élèves avant et après l'utilisation du modèle afin de voir s'ils avaient modifié leurs réponses.

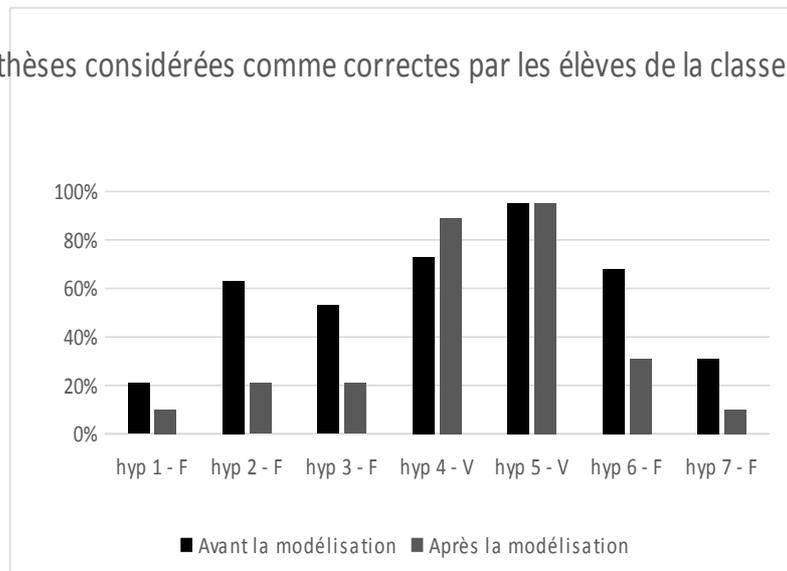
Pourcentage des élèves de la classe témoin ayant répondu correctement aux questions



Si l'on regarde le graphique, on remarque qu'après l'utilisation du modèle et la construction de la maquette modélisant les mouvements de la Terre autour du Soleil, les représentations des élèves ont évolué. Cette remarque concerne surtout les questions 3, 5 et 8.

20 % d'élèves en plus ont su expliquer le phénomène d'alternance des jours et des nuits ; de même, le pourcentage d'élèves ayant su expliquer le phénomène de la variation de la durée des jours au cours de l'année, a été doublé. Quant à la question 8, 54% des élèves ont pu y répondre alors qu'aucun n'y avait répondu correctement lorsque le modèle n'avait pas encore été introduit.

Hypothèses considérées comme correctes par les élèves de la classe témoin

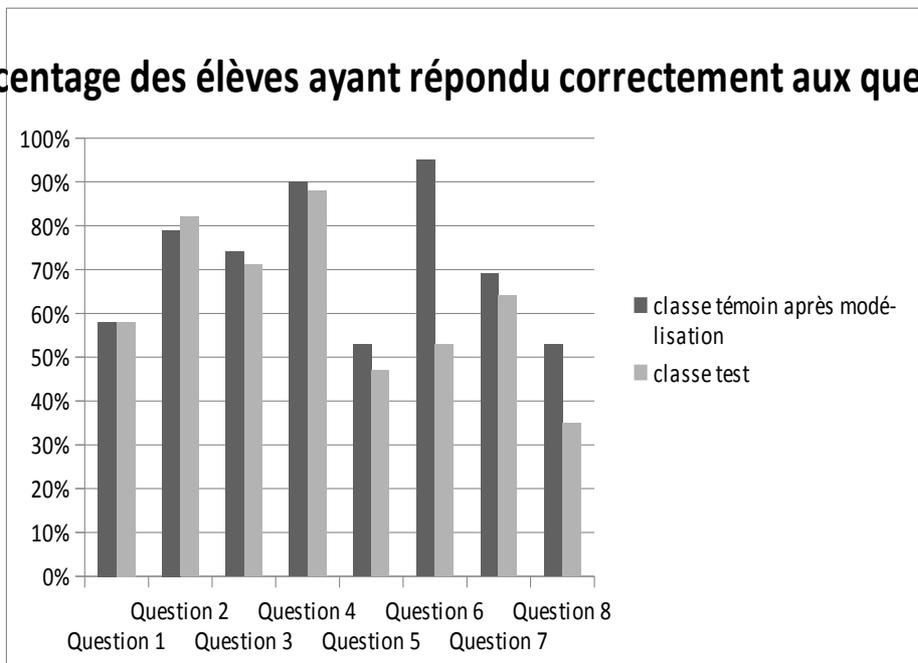


On peut se rendre compte qu'après l'utilisation de la modélisation, certaines réponses des élèves ont été modifiées (celles dont l'explication a été revue avec le modèle).

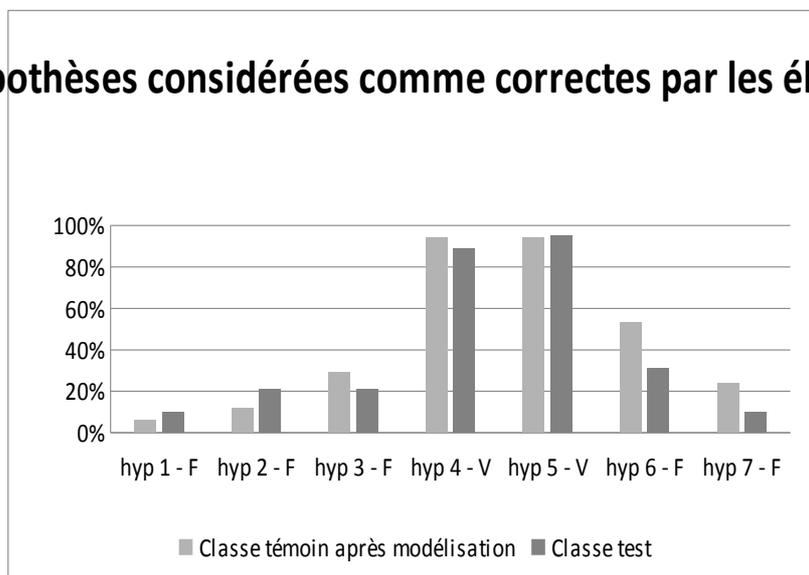
De plus, l'une des questions « pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ? » avait été traitée lors de la cinquième séance, mais n'avait pas été spécifiée dans la trace écrite. On peut remarquer que, comme dans la classe test, les élèves se sont souvenus de la solution apportée en classe.

- *Comparaison entre les deux classes après l'utilisation du modèle.*

Pourcentage des élèves ayant répondu correctement aux questions



Hypothèses considérées comme correctes par les élèves



Si l'on compare les résultats des évaluations, après que les deux classes aient utilisé la modélisation, on remarque que les résultats sont assez similaires (si ce n'est pour la question 6).

Ces résultats me confortent dans l'idée que l'utilisation du modèle en classe apporte aux élèves quelque chose en plus que la simple analyse / recherche documentaire.

1) Les améliorations à apporter à la séquence.

Lors des différents travaux de groupes (que ce soit lors de la recherche documentaire ou de la modélisation), j'ai mis en place des groupes hétérogènes afin que de pallier les carences de certains élèves (par exemple, en lecture-compréhension lors de la recherche documentaire). Il est vrai que certains élèves du groupe étaient moins actifs que d'autres : si je devais remettre en place la séquence, je ferais en sorte que les élèves « les plus en difficulté » aient un rôle plus important, tel que rapporteur ou scripteur, afin de les obliger à comprendre et à plus s'investir dans la démarche de recherche du groupe.

Côté matériel, je pense qu'il faudrait faire une mise au point en début de séquence afin d'expliquer aux élèves comment se servir d'un modèle dans les phases de recherche (exemple : ne pas se contenter de ne vérifier qu'une seule hypothèse) ; de même, il faudrait que je fasse davantage attention à l'orientation des objets lors de la modélisation (notamment pour l'orientation de l'axe de la Terre, ou encore si la trajectoire de la Terre est représentée de manière circulaire ou ovale). De même il est vrai que l'utilisation d'une lampe de poche (qui éclaire dans une seule direction) réduit les possibilités des élèves lors de l'utilisation du modèle comme outil de recherche : l'utilisation d'une ampoule pourrait être une solution lors de la présentation du matériel. Les élèves ne pourraient pas travailler directement avec l'ampoule mais l'aurait toujours sous les yeux pour se remémorer les différentes possibilités, c'est-à-dire que le Soleil envoie des rayons lumineux dans toutes les directions qui lui sont offertes.

Quant à l'utilisation même du modèle, je pense que je l'utiliserai encore en tant qu'outil de recherche sur un temps de travail réduit, mais avec plus de documents à l'appui pour les groupes ne trouvant pas de solution : ils pourraient ainsi vérifier les réponses apportées par les documents avec le modèle, ce qui éviterait de les démotiver tout en manipulant.

Pour la séance n°5, la notion d'inclinaison des rayons du Soleil est difficile à comprendre pour les élèves en début de cycle 3. Je pense que je traiterai ce point en CM avec la modification suivante : j'utiliserai l'outil informatique pour que les élèves puissent voir l'inclinaison des rayons du Soleil.

CONCLUSION :

Nous avons pu voir, tout au long de ce mémoire, qu'il était difficile de construire le savoir scientifique des phénomènes astronomiques.

Les résultats de cette recherche semblent convaincants. En effet, si l'on se base sur la comparaison des résultats obtenus dans les deux classes, on peut dire que l'utilisation du modèle en classe, en comparaison à la seule recherche documentaire, permet un abandon plus conséquent des représentations naïves au sein des séances (constaté pendant mais également à la fin de la séquence). De plus, la modélisation, associée à la recherche documentaire, permet une meilleure compréhension des phénomènes scientifiques puisqu'elle favorise les représentations mentales des élèves et permet de les corriger / d'y remédier plus facilement (cf classe test). Autre point non négligeable, elle apporte une motivation supplémentaire aux élèves du fait de son aspect ludique (manipulation d'objets, réalisation d'une maquette).

Toutefois, l'utilisation du modèle en tant qu'outil de recherche semble plus difficile à utiliser pour les élèves de 8-9ans.

Ainsi, d'après les résultats obtenus, l'alternance et les retours fréquents entre recherche documentaire et modèle semblent être le meilleur parti pris pour faire évoluer les représentations erronées des élèves et leur faire construire un savoir.

Cependant, j'ai bien conscience des limites de mon travail de recherche. En effet, mon étude s'est portée sur un échantillon d'élèves relativement limité (une quarantaine d'élèves) et spécifique à un milieu urbain et relativement défavorisé (peut-être les résultats auraient été tout autres pour des classes d'un environnement plus rural ou plus aisé). Afin de vérifier les résultats de cette recherche, il faudrait l'expérimenter à plus grande échelle, sur un échantillon d'élèves plus varié.

Ainsi, la seule conclusion possible de ce travail de recherche que je pourrais émettre est la suivante : les phénomènes astronomiques abordés à l'école élémentaire peuvent être intégrés dans une démarche scientifique afin de donner du sens aux élèves. Quant à la phase d'investigation, il est possible d'utiliser différentes méthodes dont la modélisation et la recherche documentaire (dans le cas de phénomènes non directement observables tel que l'astronomie). Cependant, l'utilisation des deux méthodes en complémentarité semble être le meilleur compromis à faire pour un enseignant afin de prendre en compte la diversité des élèves et leurs différents profils cognitifs.

BIBLIOGRAPHIE

Articles de recherche :

- COQUIDE Maryline et LE MARECHAL Jean-François, « Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts »
- Drouin Anne-Marie, « Le modèle en question » - Aster
- PIAGET, Jean « La psychologie de l'enfant » (*extrait : les stades de développement*)
- PIERRARD, Marie-Anne, « Modélisation et astronomie » - Aster
- SANCHEZ, Eric. « Education et didactique d'Eric Sanchez » - Aster

Extraits de manuels :

- J'apprends les sciences par l'expérience, cycle 3 – Belin
- Le ciel et la Terre cycle 3, guide pédagogique, édition Belin
- Sciences expérimentales et technologiques, CM1-CM2, édition Bordas
- Sciences expérimentales et technologiques CE2, guide pédagogique, édition Hachette Education
- Sciences expérimentales et technologiques CM, guide pédagogique, édition Hachette Education
- Sciences expérimentales et technologiques, CE2 – tout le programme en 24 enquêtes, édition Magnard

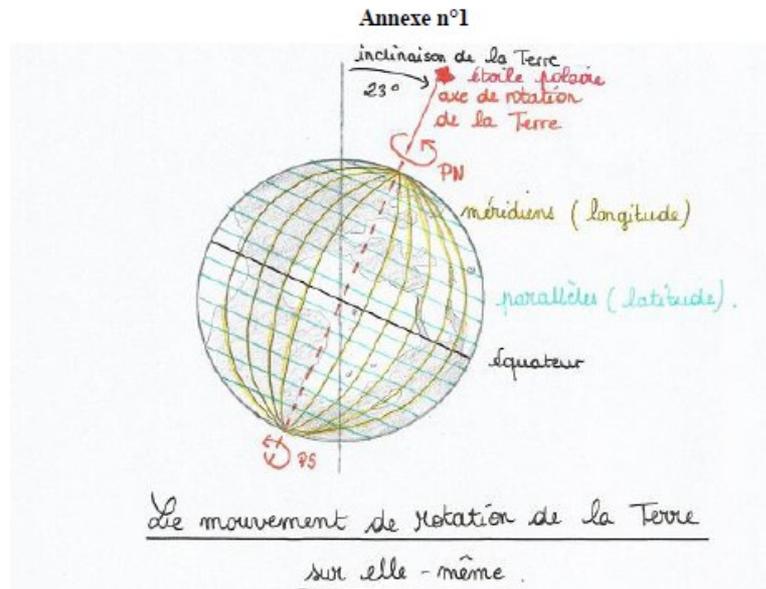
Site web :

- La main à la pâte (fondation de coopération scientifique pour l'éducation à la science) – site web : <http://www.fondation-lamap.org/fr/>

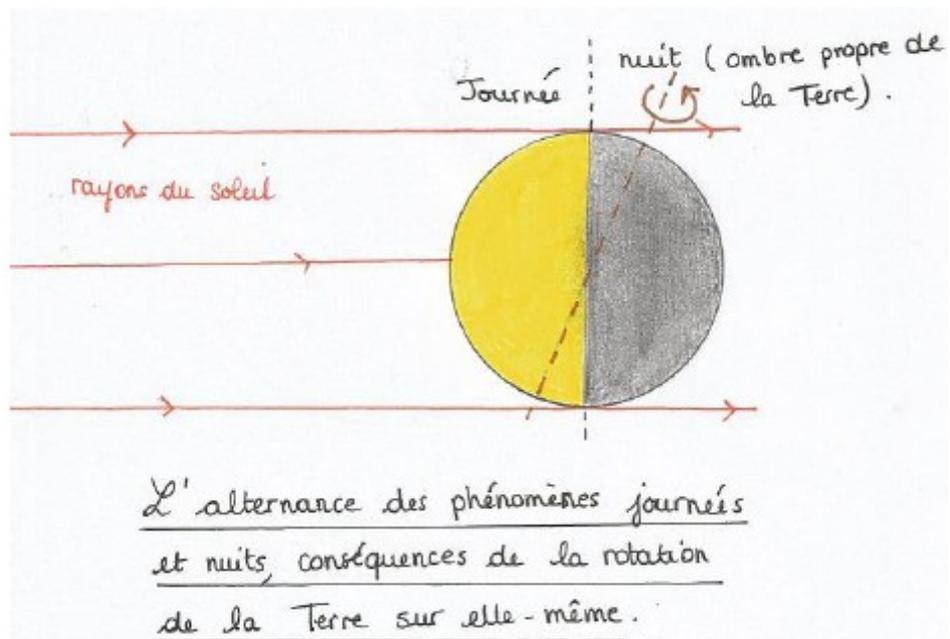
Annexes

Annexe n°1

Document n°1 :

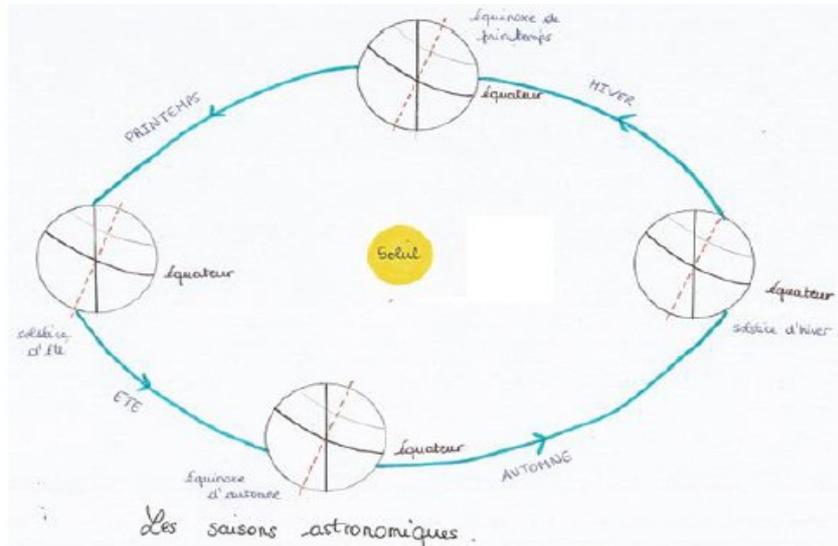


Document n°2 :

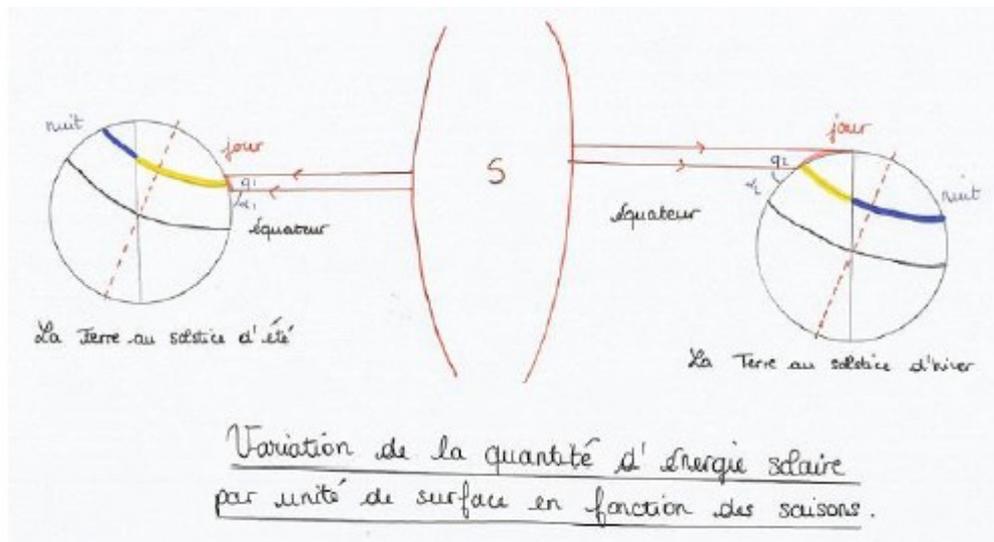


Annexe n°2

Document n°3 :



Document n°4 :



Annexe n° 3

Déroulement de la séance	Organisation de la classe	Rôle de l'enseignant pour la recherche	Durée
<p>Séance : n°1 – Observations des mouvements apparents du Soleil. Objectifs: Appréhender les mouvements du Soleil à l'aide de l'ombre d'un piquet, observer la nature d'une ombre en fonction de la position du Soleil.</p> <p>I) <u>Question de départ</u> : « Quel est le trajet du Soleil dans la journée ? » : Recueil des représentations des élèves sur feuille. Mise en place de la problématique : « Comment déterminer précisément le mouvement apparent du Soleil ? ».</p> <p>II) Faire un rappel des séances précédentes sur « ombres et lumières », notamment sur l'expérience des clowns. Questionner les élèves : « Sur le même principe, quel dispositif peut-on mettre en place pour observer les mouvements apparents du Soleil ? ».</p> <p>III) Laisser les élèves travailler sur le protocole à mettre en place afin de réaliser l'expérience. Faire une mise en commun.</p> <p>IV) Mettre en place l'expérimentation (le faire sur deux jours, après la séance).</p> <p><i>Protocole attendu : Observations et relevés de l'ombre d'un piquet à différents moments de la journée. Faire des relevés toutes les 2h entre 9h et 16h. Penser à regarder à chaque fois où se trouve le Soleil par rapport à l'ombre. A la fin, indiquer sur la feuille les points cardinaux (nord, sud, est, ouest).</i></p>	<p>Individuel / écrit</p> <p>Collectif / oral</p> <p>Groupe de 4</p> <p>Collectif</p> <p>Groupe de 4</p>	<p>M : analyser les représentations initiales des élèves.</p> <p>M : questionner les élèves</p>	<p>35'</p> <p>10'</p> <p>10'</p> <p>15'</p>

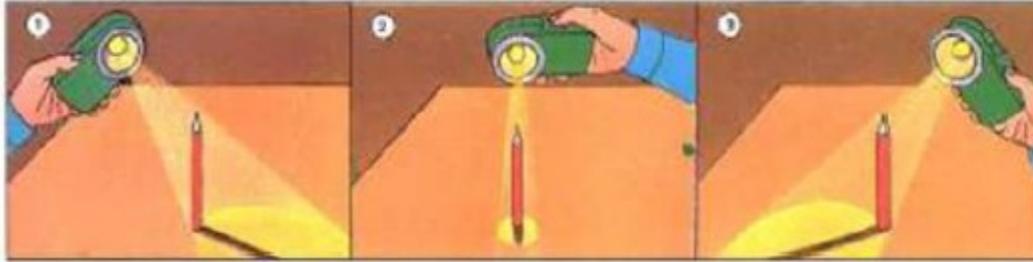
Annexe n°4

Déroulement de la séance	Organisation de la classe	Rôle de l'enseignant pour la recherche	Durée
<p>Séance : n°2 – Déterminer les mouvements apparents du Soleil. <u>Objectif:</u> Appréhender les mouvements du Soleil à l'aide de l'ombre d'un piquet, voir que le Soleil n'a pas la même position dans le ciel tout au long de l'année.</p> <p>I) Rappel de la séance précédente. II) Reprendre avec les élèves les différents relevés effectués précédemment. Par groupe, les élèves analysent les relevés obtenus : ombre plus courte avec une orientation différente en fonction de l'heure... Mise en commun. III) Déterminer le mouvement du Soleil dans le ciel : <u>Pour la classe utilisant la modélisation :</u> Les élèves vont devoir recréer, à l'aide des connaissances acquises préalablement lors de la séquence « ombres et lumières » et de la modélisation, le mouvement apparent du Soleil au cours de la journée. Pour cela, ils devront utiliser les relevés, un bâton ainsi qu'une lampe de poche afin de restituer le mouvement du Soleil durant la journée. <u>Pour la classe n'utilisant pas la modélisation :</u> Les élèves vont devoir utiliser une recherche documentaire (document avec une source de lumière, un objet et ses différentes ombres en fonction de la position de la source de lumière). Etape n°1 : Chaque groupe analyse le relevé obtenu. Etape n°2 : Etude des documents n°1 et 2 pour aider à comprendre le phénomène et interpréter ensuite le relevé d'ombres obtenu. Etape n° 3 : Interprétation et réponse à la question de départ. Mise en commun et institutionnalisation des savoirs.</p> <p>IV) <u>Elaboration de la trace écrite :</u> Le soleil apparaît vers l'est le matin et disparaît vers l'ouest le soir. + schéma (pour montrer la hauteur)</p>	<p>Collectif / oral</p> <p>Groupe de 4</p> <p>Collectif</p> <p>Groupe de 4</p> <p>Par deux puis quatre</p> <p>Collectif</p> <p>Collectif</p>	<p>M : donner la même base pour les deux classes</p> <p>M : interroger individuellement les groupes sur les protocoles utilisés</p> <p>M : interroger individuellement les élèves sur les conclusions émises et comparer les résultats des groupes utilisant la modélisation et ceux ne l'utilisant pas.</p>	<p>55'</p> <p>5' 10'</p> <p>25'</p> <p>10'</p> <p>5'</p>

Annexe n°5

Documents, séance n°2 : Déterminer les mouvements apparents du Soleil

DOC 1 : Expérience crayon / lampe de poche



- Quelles différences y a-t-il entre les ombres sur ces trois images ?
- Sur toutes ces images, où se situe la source lumineuse par rapport à l'ombre du crayon ?
- Comment placer la lampe pour obtenir l'ombre la plus courte ?

DOC 2 : Aide pour déterminer le mouvement apparent du Soleil



- I) A quel moment de la journée l'ombre du cyprès est-elle la plus courte ?
- II) A ce moment, comment le Soleil est-il dans le ciel ?
- III) A l'aide des documents étudiés, détermine le mouvement du Soleil en fonction de chaque ombre dessinée obtenue lors de l'expérience réalisée.

Annexe n°6

Déroulement de la séance	Organisation de la classe	Rôle de l'enseignant pour la recherche	Durée
<p>Séance : n° 3– L’alternance jour / nuit. <u>Objectif:</u> Comprendre que l’alternance des jours et des nuits est due à la rotation de la Terre sur elle-même.</p> <p>I) <u>Recueil des représentations des élèves</u> « Explique pourquoi il y a des jours et des nuits. Tu peux faire un dessin ou écrire un petit texte afin d’expliquer. »</p> <p>Faire une mise en commun et sélectionner les hypothèses à tester afin d’aboutir la problématique suivante : « Comment expliquer le phénomène des jours et des nuits tout au long de l’année ? ».</p> <p>On pourra introduire la question intermédiaire : « Comment faire pour qu’il fasse tantôt jour, tantôt nuit ? ».</p> <p>II) Recherche afin de valider / invalider les hypothèses.</p> <p><u>Pour la classe utilisant la modélisation :</u> Les groupes d’élèves vont devoir mettre en place un protocole afin de vérifier les hypothèses émises lors de la phase précédente (ils ont plusieurs matériaux à disposition).</p> <p><i>Protocole attendu : Prendre une lampe de poche et une boule de polystyrène (y faire un repère) et réinvestir les connaissances sur « ombres et lumières ». Les élèves vont alors se rendre compte que le phénomène est dû à la rotation de la terre sur elle-même. (prévoir un document pour éliminer les hypothèses suivantes : l’alternance des jours et des nuits peut s’expliquer car la Terre tourne autour du Soleil / car le Soleil tourne autour de la Terre).</i></p> <p><u>Pour la classe n’utilisant pas la modélisation :</u> Les élèves vont devoir utiliser une recherche documentaire et des dessins afin de visualiser le phénomène d’ombre propre et donc de nuit.</p> <p>Doc 1 : Le Soleil est un point fixe dans le système solaire. Doc 2 : Comprendre que la Terre comporte une partie éclairée et une partie non éclairée. Doc 3 : Il y a des jours et des nuits car la Terre tourne sur elle-même.</p> <p>Mise en commun ; voir avec les deux groupes que l’on représente toujours au centre l’élément qui reste fixe (en l’occurrence le Soleil) et institutionnalisation.</p> <p>III) <u>Elaboration de la trace écrite avec les élèves :</u> L’alternance des jours et des nuits est due à la rotation de la Terre sur elle-même. La nuit est due à l’ombre propre de la Terre, la partie ensoleillée représente le jour.</p>	<p>Individuel / écrit</p> <p>Collectif</p> <p>Groupe de quatre</p> <p>Par 2 puis 4</p> <p>Collectif</p> <p>Collectif</p>	<p>M : Analyser les représentations initiales.</p> <p>M : interroger individuellement les groupes sur les protocoles utilisés</p> <p>M : interroger individuellement les élèves sur les conclusions émises et comparer les résultats des groupes utilisant la modélisation et ceux ne l’utilisant pas.</p>	<p>55’</p> <p>15’</p> <p>25’</p> <p>10’</p> <p>5’</p>

Annexe n°7

Documents, séance n°3 : L'alternance des jours et des nuits.

Doc 1 :

3 Les trajectoires des planètes autour du Soleil.
Huit planètes tournent autour du Soleil, dans le même sens, presque dans le même plan, et sur des trajectoires qui sont quasiment des cercles.

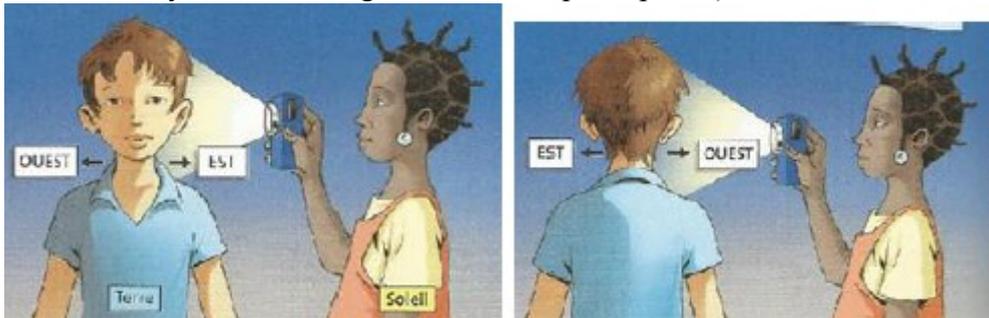


I) D'après le

document ci-dessus, quel est l'élément du système solaire qui reste fixe ?

II) Prenons le Soleil et la planète Terre : explique les mouvements de l'un par rapport à l'autre.

Doc 2 : Dans le document ci-dessous, Julien représente la Terre et Marie le Soleil (elle simule les rayons du Soleil grâce à une lampe de poche).

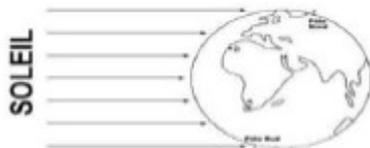


A) Sur la première image, quelle partie du visage est éclairée par la lumière ?

B) Sur la deuxième image, quelle partie du visage de Julien est éclairée par la lumière ?

C) A partir de tes observations, colorie en jaune la partie éclairée de la Terre et en gris, la partie non éclairée de la Terre (sur le document 2 bis).

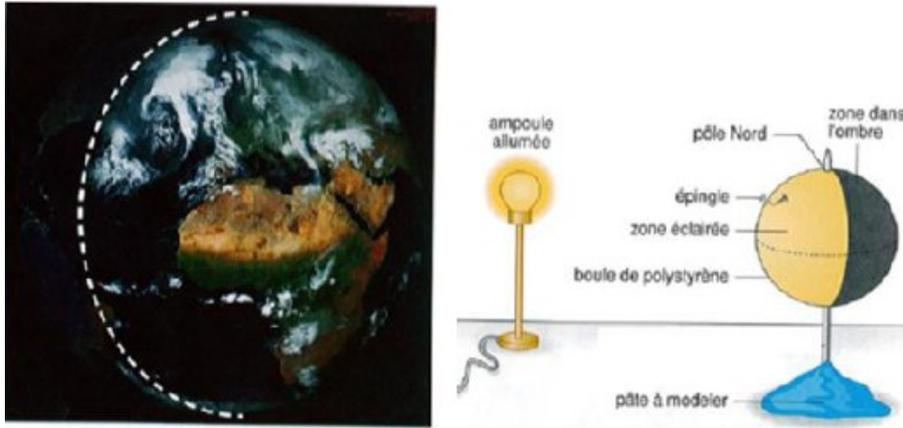
Doc 2 bis :



1) Place une croix pour situer la France.

Annexe n°8

Doc 3 : Cette photographie a été prise vers 10h du matin (heure de Paris) depuis un satellite. La partie sombre correspond à une partie de la Terre non éclairée à ce moment par le Soleil.

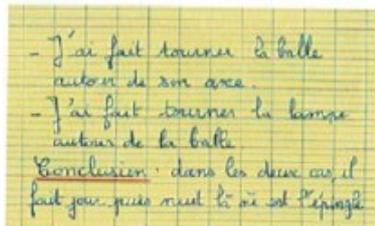


- 1) D'après la photographie, où se situe le Soleil (utilise les points cardinaux pour donner sa position).
- 2) Place une croix pour situer la France.
- 3) L'épingle sur le globe représente la France. D'après ce que tu as vu précédemment dans les autres documents, comment faire pour que l'épingle se retrouve dans la zone non éclairée ?
- 4) Complète la phrase suivante : Il y a des jours et des nuits car

Docs pour différenciation :

Expérience de Karim avec le globe terrestre et / ou explication scientifique (pour mise en commun)

Sur le cahier de Karim.



L'explication des scientifiques

L'alternance du jour et de la nuit s'explique par la rotation de la Terre sur elle-même, en 24 heures. L'axe de rotation de la Terre passe par les pôles Nord et Sud.

Annexe n°9

Déroulement de la séance	Organisation de la classe	Rôle de l'enseignant pour la recherche	Durée
<p>Séance : n° 4– Des journées plus ou moins longues dans l'année. <u>Objectifs:</u> Comprendre la différence de longueur des jours en fonction des saisons, mesurer des longueurs et des durées.</p> <p>I) Rappel de la séance précédente. Questionner les élèves : « Le Soleil se couche-t-il toujours à la même heure ? Comment varie la durée des jours au cours de l'année ? ».</p> <p>II) Faire une étude documentaire afin de déterminer la durée d'ensoleillement et de la nuit. Donner aux élèves un document donnant l'heure de lever et de coucher du Soleil à un même endroit à des moments différents. Les élèves doivent calculer la durée d'ensoleillement.</p> <p>III) Recherche afin de vérifier les hypothèses.</p> <p><u>Pour la classe utilisant la modélisation :</u> Reprendre la modélisation mise en place précédemment : une boule de polystyrène (avec un point représentant le pays des élèves) et une lampe de poche. Les élèves vont devoir essayer de recréer une durée d'ensoleillement plus longue que la nuit : pour cela, il faut incliner l'axe de rotation de la Terre. Mise en commun et institutionnalisation; déterminer avec les élèves les notions de solstice et d'équinoxe.</p> <p><u>Pour la classe n'utilisant pas la modélisation :</u> A partir d'un premier document, faire réaliser aux élèves un graphique en diagramme afin de mesurer la durée d'une journée et de repérer la journée la plus longue, la plus courte ainsi que les deux jours où la durée de la journée est égale à la durée de la nuit. (lors de la séance, je me suis rendue compte que les deux classes avaient besoin de passer par cette étape : la classe test a donc également réalisé le graphique). Aborder des notions d'équinoxe et de solstice. A partir de documents et d'un dessin, les élèves doivent comprendre que la variation de l'ensoleillement est due à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre. Mise en commun et institutionnalisation.<u>Elaboration de la trace écrite avec les élèves :</u> La durée des jours au cours de l'année varie en fonction des saisons. Ce phénomène est une conséquence de l'axe incliné de la Terre. Le jour le plus long est le 21 juin : c'est le solstice d'été, le jour le plus court est le 21 décembre : c'est le solstice d'hiver. Le 21 mars et le 21 septembre, la durée du jour est égale à la durée de la nuit : c'est l'équinoxe de printemps et l'équinoxe d'automne.</p>	<p>Individuel / écrit</p> <p>Individuel</p> <p>Groupe de 4</p> <p>Collectif</p> <p>Individuel</p> <p>Par deux</p> <p>Collectif</p>	<p>M : Analyser les hypothèses</p> <p>M : interroger individuellement les groupes sur les protocoles utilisés</p> <p>M : interroger individuellement les élèves sur les conclusions émises et comparer les résultats des groupes utilisant la modélisation et ceux ne l'utilisant pas.</p>	<p>1h</p> <p>10'</p> <p>10'</p> <p>25'+10'</p> <p>5'</p>

Annexe n°10

Documents, séance n°4 : Des jours plus ou moins longues dans l'année.

Doc 1 : La durée du jour au cours de l'année.

	Heure de lever du Soleil à Paris	Heure de coucher du Soleil à Paris
10 février	7 h 09	17 h 01
21 mars	5 h 53	18 h 03
10 mai	4 h 18	19 h 17
21 juin	3 h 49	19 h 56
10 août	4 h 37	19 h 14
21 septembre	5 h 37	17 h 50
10 novembre	6 h 53	16 h 15
21 décembre	7 h 43	15 h 54

1) Sur chaque bande (doc1.B), fais un premier repère à l'heure du lever du Soleil et un autre à l'heure du coucher (sers-toi de la bande référence) (cf annexe n°12)

2) Découpe chaque bande au niveau des traits que tu as tracés.

3) Colle chaque bande sur le graphique en fonction des mois (doc1.C).

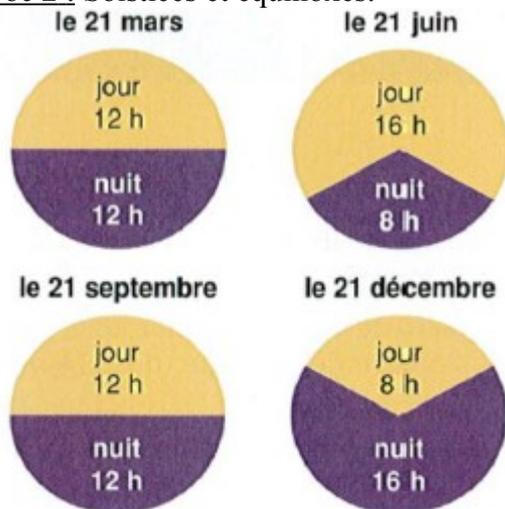
4) D'après le graphique obtenu, comment varie la durée des journées dans l'année ?

5) Hypothèse : Les journées n'ont pas la

même durée dans l'année car

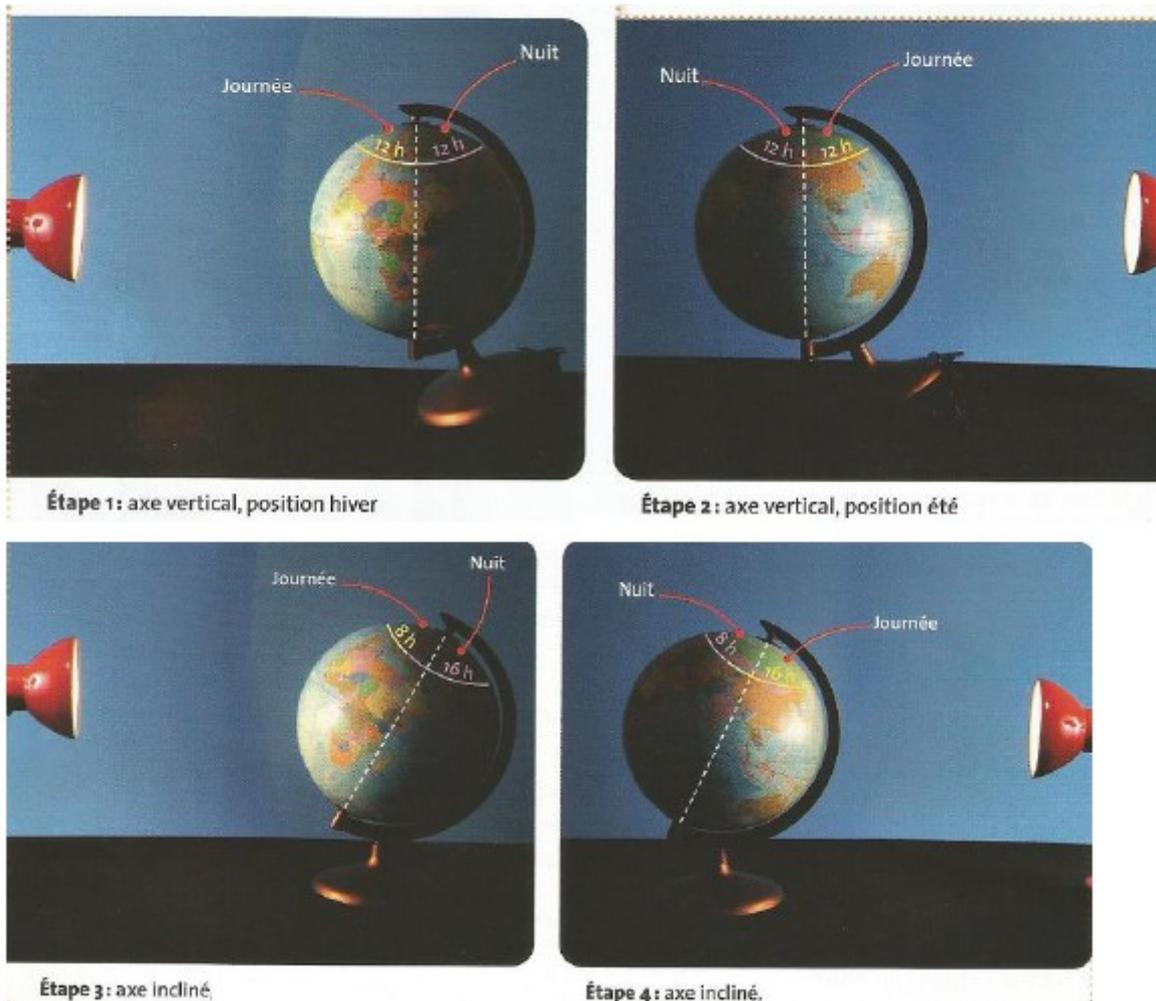
.....(Complète la phrase).

Doc 2 : Solstices et équinoxes.



Annexe n°11

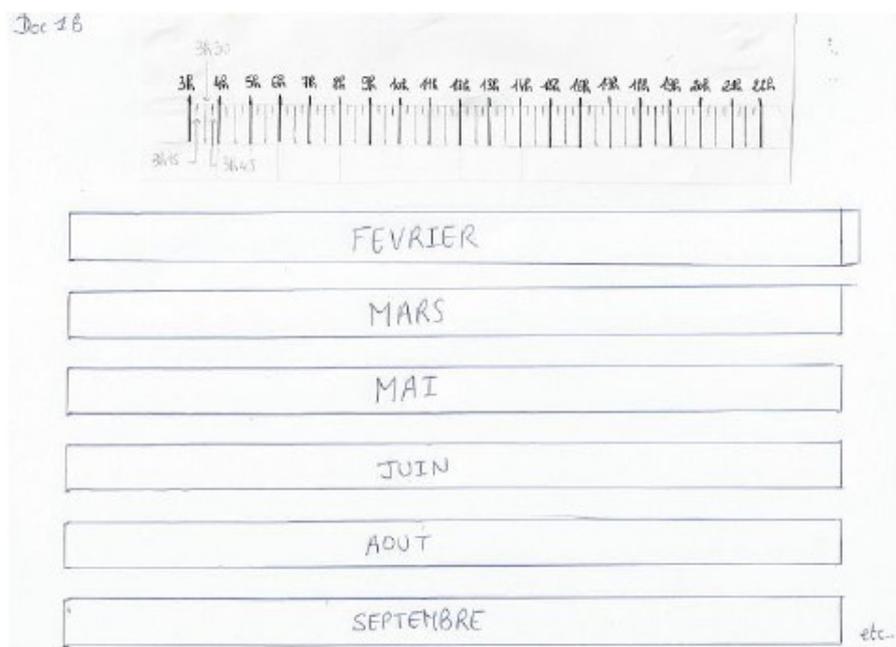
Doc 3 : L'axe de rotation de la Terre.



- A) Quelle est la durée de la journée à l'étape 1 ? Et la durée de la nuit ?
- B) Quelle est la durée de la journée à l'étape 3 ? Et la durée de la nuit ?
- C) Quelle est la durée de la journée à l'étape 4 ? Et la durée de la nuit ?
- D) D'après le document 2 :
- A quelle saison correspond l'étape 3 ?
 - A quelle saison correspond l'étape 4 ?
- I) D'après le document 1, quelle est l'hypothèse correcte ?
- J) Explique pourquoi les journées n'ont pas la même durée durant l'année.

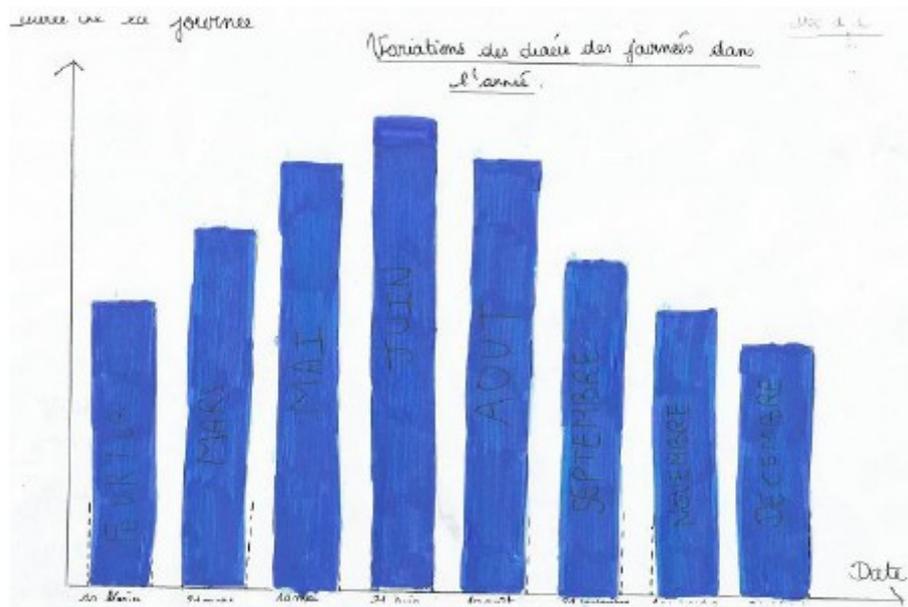
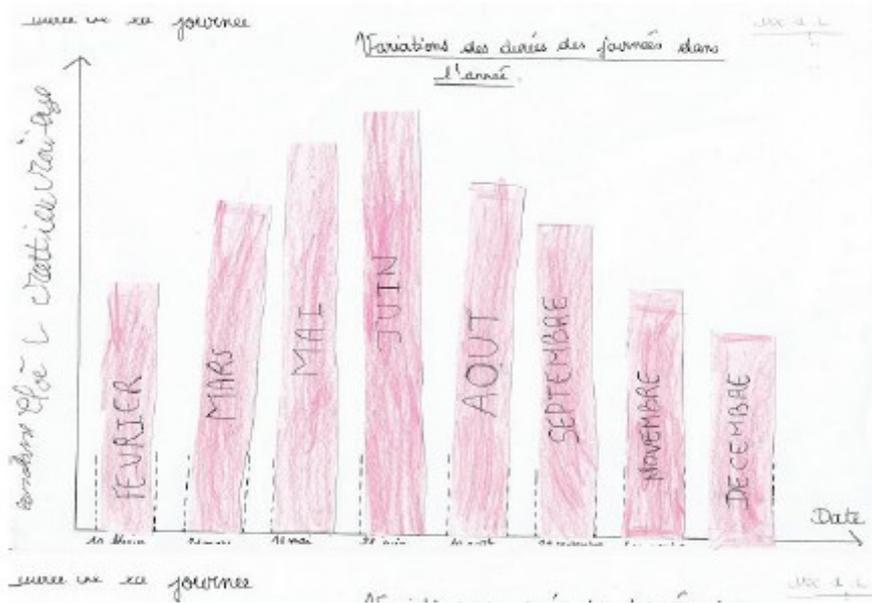
Annexe n°12

Documents élèves, séance n°4 :



Annexe n°13

Exemples de graphiques réalisés par les groupes d'élèves lors de la séance n°4 :

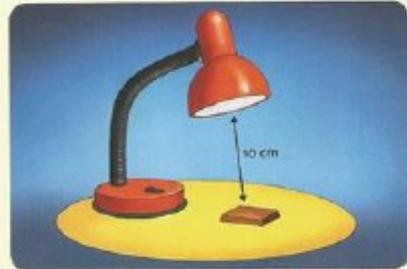


Annexe n°15

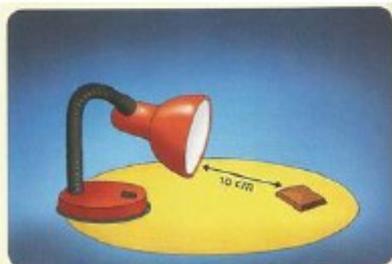
Documents, séance n°5 : Les saisons.

Doc 1 : L'inclinaison des rayons du Soleil

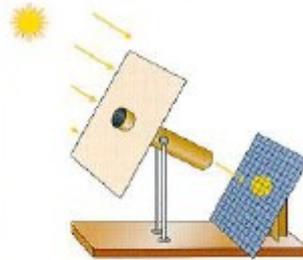
NB : plus la lumière est concentrée sur un petit espace, plus il fait chaud.



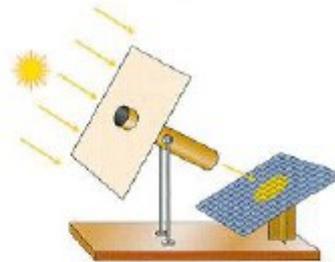
1 Mets un carré de chocolat sur un set de table plastifié, puis place une lampe bien au-dessus. L'ampoule doit être à 10 cm environ du chocolat.



2 Mets le second carré de chocolat sur l'autre set de table, puis place une lampe sur le côté. L'ampoule doit être à 10 cm environ du chocolat.



▲ Expérience 1. Les rayons du Soleil passent à travers le tube et éclairent la plaque.



▲ Expérience 2. L'inclinaison de la plaque est modifiée.

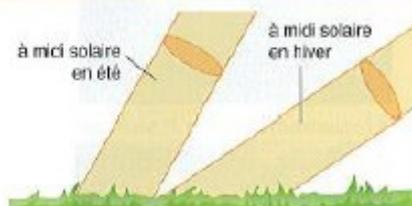
- Combien de carreaux sont éclairés dans l'expérience 1 ? Et dans la 2 ?
- D'après-toi, où la lumière est-elle la plus « concentrée » ?
- D'après toi, quel carré de chocolat va fondre le premier ? Dans ce cas, comment sont les rayons de la lampe ?
- A ton avis, à quelle saison correspond chaque expérience ?

Doc 2 :

Pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ?

En Europe, la surface de la Terre reçoit davantage d'énergie du Soleil en été qu'en hiver pour deux raisons :

- le jour dure plus longtemps ;
- à la même heure, un même « cylindre » de lumière transfère de l'énergie à une surface de sol plus petite en été qu'en hiver.



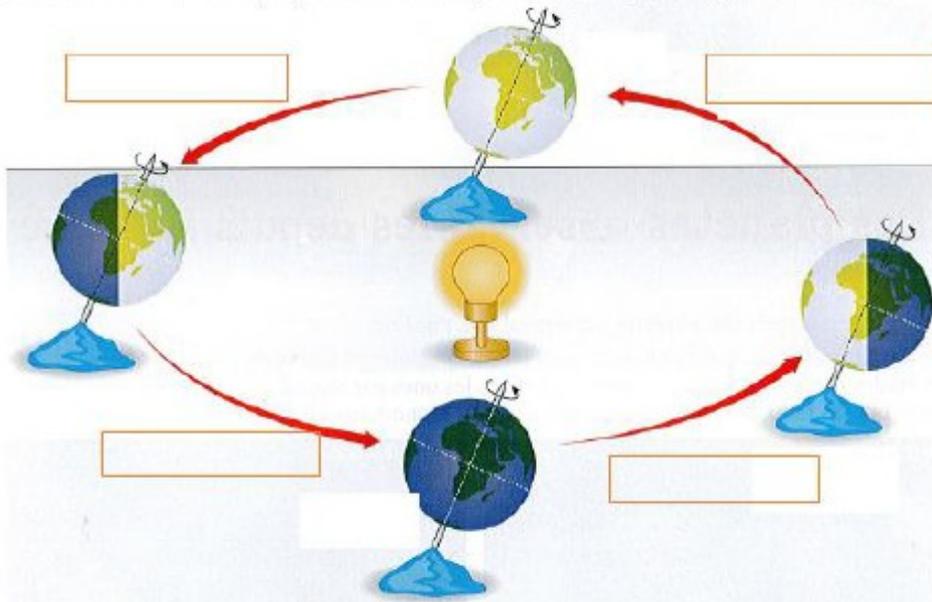
Sur le document, les faisceaux lumineux

représentent les rayons du Soleil.

Complète la phrase suivante : La variation de température (et donc des saisons) s'explique par

Annexe n°16

3 D'après les scientifiques, la trajectoire de la Terre autour du Soleil est quasiment un cercle. La Terre fait un tour autour du Soleil en une année, qui dure 365 jours et 6 heures. Le dessin ci-dessous est en perspective. L'axe des pôles terrestres garde toujours la même direction.



- I) Voici 4 positions de la Terre ; en t'aidant des documents précédents, précise la date à laquelle correspond chaque globe : 21 juin / 21 mars / 21 septembre / 21 décembre.
- II) Chaque flèche correspond à une saison : place-les correctement (printemps, été, automne, hiver).

Annexe n°17

Recueil des représentations des élèves lors de la séance n°3 : données brutes.

Représentations des élèves, séance n°3	Témoïn (n'utilisant pas la modélisation)	Test (utilisant la modélisation)
La Terre tourne sur elle-même	2	3
Le Soleil tourne autour de la Terre	8	1
La nuit, le Soleil est parti reprendre de l'énergie	1	
Le Soleil sort de la Terre	1	1
Le Soleil se lève et se couche.	3	
Le Soleil est remplacé par la Lune	1	1
Le Soleil va de l'autre côté de la Terre	3	1
Le Soleil va sur une autre planète	1	
Quand il fait nuit, on dort		2
La Terre tourne autour du Soleil et la Terre sur elle-même		1
Le Soleil va derrière la lune		1
Pas de réponse		1
oui il y a des jours et des nuits		2

Séance 3	Classe témoin	Classe test
Raisonnement attendu	2 élèves soit 10% de la classe	4 élèves soit 22% de la classe
Raisonnement héliocentrique	8 élèves soit 40% de la classe	5 élèves soit 28% de la classe
Raisonnement naïf de type animiste	6 élèves soit 30% de la classe	3 élèves soit 16,5% de la classe
Raisonnement naïf de type "pensée magique"	1 élève soit 5% de la classe	1 élève soit 5,5% de la classe
Pas de réponse proposée	3 élèves soit 15% de la classe	5 élèves soit 28% de la classe

Annexe n°18

Recueil des représentations des élèves lors de la séance n°4 : données brutes

Représentations des élèves séance 4	Classe témoin	Classe test
Oui il y a des journées plus longues	2	1
Jours plus longs en été	1	1
Pas de réponse	1	3
Oui (sans explication)	1	4
Oui ça dépend	1	1
Non : durée jour = durée nuit	1	2
Journée la plus longue en été et la plus courte en hiver	3	2
Journée plus longue en hiver	1	
Journée plus courte en hiver	1	1
Hors sujet	2	
Journée plus longue en hiver car tourne sur elle-même	1	
Oui: 17h en hiver il fait noir et en été il fait clair	1	
Oui : le printemps	1	2
en été, les journées finissent à 21h ou 22h		1
oui en Arabie Saoudite il fait jour plus longtemps		1
Hors sujet		1

Séance 4	Classe témoin	Classe test
Réponse attendue avec explication	0	0
Jour plus long selon saison, sans explication	3 élèves soit 17,5% de la classe	2 élèves soit 10% de la classe
Réponse incomplète	3 élèves soit 17,5% de la classe	3 élèves soit 15% de la classe
Jours plus longs	4 élèves soit 23,50% de la classe	6 élèves soit 30% de la classe
Réponse fausse	4 élèves soit 23,50% de la classe	4 élèves soit 6% de la classe
Hors sujet	2 élèves soit 12% de la classe	2 élèves soit 10% de la classe
Pas de réponse	1 élève soit 6% de la classe	3 élèves soit 15% de la classe

Annexe n°19

Recueil des représentations des élèves lors de la séance n°5 : données brutes

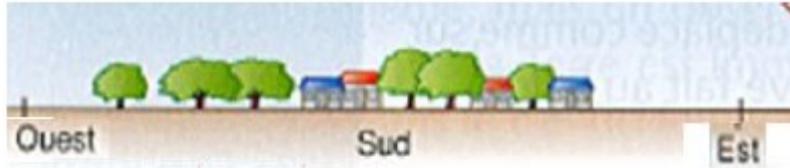
Séance 5	Classe témoin	Classe test
Car il y a du vent en hiver	1	
Car il y a plus de nuages en hiver qui cachent les rayons du Soleil	3	8
Pas d'explication	4	3
Le soleil est plus proche de la Terre en été	2	1
Le Soleil envoie plus de rayons sur la Terre	1	
Le Soleil est plus gros en été	2	
Réchauffement climatique baisse en hiver	2	
En été il fait chaud donc le Soleil s'illumine plus vite	1	
La Terre est inclinée, la Terre reste plus longtemps le jour	1	
En hiver, le Soleil est autre part	1	
l'hiver est dans un autre pays	1	
Le Soleil envoie plus de chaleur en été	1	3
Le Soleil tourne plus vite autour de la Terre		1
En hiver, il n'y a pas de Soleil	1	
La Terre tourne plus vite autour du Soleil		3

Séance 5	Classe témoin	Classe test
Explication attendue		0
Explication "logique" en rapport avec le Soleil (qui reste inchangé)	4 élèves soit 19% de la classe	14 élèves soit 74% de la classe
Explication "logique" en rapport avec le Soleil (dont les caractéristiques changent)	6 élèves soit 29% de la classe	1 élève soit 5% de la classe
Explication "logique" sans rapport avec le Soleil	1 élève soit 4,5% de la classe	0
Explication naïve type "animiste"	2 élèves soit 9,5% de la classe	0
Explication naïve type "pensée magique"	2 élèves soit 9,5% de la classe	0
Explication erronée par rapport aux connaissances étudiées	2 élèves soit 9,5% de la classe	1 élève soit 5% de la classe
Pas d'explication proposée	4 élèves soit 19% de la classe	3 élèves soit 16% de la classe

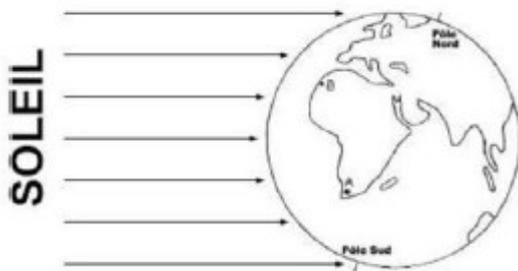
Annexe n°20

Evaluation : « Les mouvements de la Terre autour du Soleil », partie 1

1) Sur le dessin ci-dessous, dessine le soleil de 8h, 10h, 12h, 15h et 17h.



2) Observe ce dessin de la Terre. Colorie en gris la partie où il fait nuit.



3) Pourquoi existe-t-il des jours et des nuits ?
Explique.

.....
.....
.....

4) Réponds aux questions suivantes :

Quel est le jour le plus long de l'année ?

.....
.....

Quel est le jour le plus court de l'année ?

.....
.....

5) La durée des jours varie durant l'année. Explique pourquoi.

.....
.....
.....

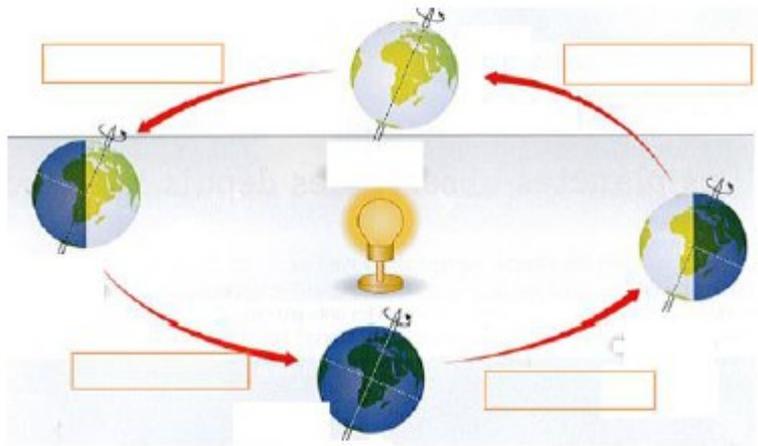
6) Parmi les deux représentations suivantes, une seule est correcte : barre la représentation fautive.

Annexe n°21

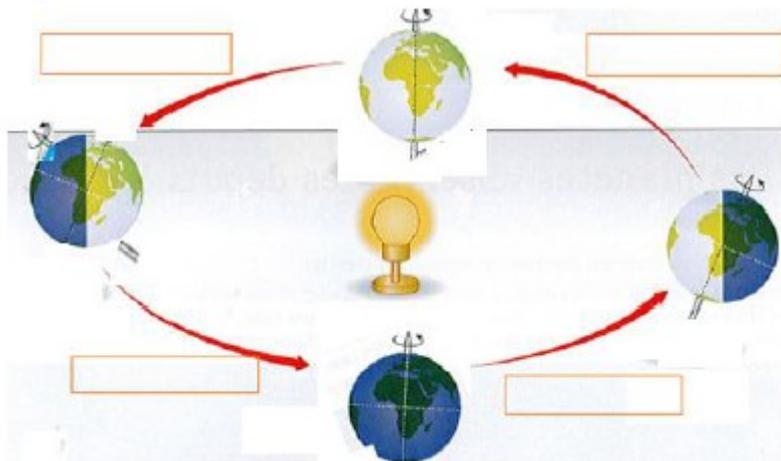
7) Sur la représentation correcte :

- Entoure en vert le globe représentant le 21 juin et en bleu le globe représentant le 21 décembre.
- Entoure en noir le globe représentant le jour le plus long et en rouge le globe représentant le jour le plus court
- Place correctement chaque saison dans les encadrés.

Représentation n°1 :



Représentation n°2 :



Pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver?

Annexe n°22

Evaluation, partie 2 :

Indique si les hypothèses suivantes sont vraies ou fausses.

- Le Soleil tourne autour de la Terre
- La Terre tourne sur elle-même en 365 jours
- Il fait plus chaud en été dans l'hémisphère nord parce qu'il fait jour plus longtemps
- Le jour le plus long de l'année est en été
- Le Soleil est plus haut dans le ciel à midi qu'à 14h
- La direction de l'axe de rotation de la Terre change en fonction des saisons
- Il fait plus froid en hiver car le Soleil est plus éloigné de la Terre

Annexe n°23

RESULTATS DES EVALUATION POUR LA CLASSE TEST (données brutes)

Partie 1 de l'évaluation (questions) : recueil des données brutes pour la classe test.

Questions	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5	Question 6	Question 7 (saison)	Question 8
Nombre d'élèves ayant répondu correctement à la question	9	14	12	15	8	9	11	6
En %	53%	82%	71%	88%	47%	53%	64%	35%

Hypothèses	hyp 1	hyp 2	hyp 3	hyp 4	hyp 5	hyp 6	hyp 7
élèves ayant considéré l'hypothèse comme correcte	1	2	5	16	16	9	
en %	6%	12%	29%	94%	94%	53%	

Partie 2 de l'évaluation (hypothèses) : recueil des données brutes pour la classe test.

Annexe n°24

RESULTATS DES EVALUATION POUR LA CLASSE TEST (données brutes)

Partie 1 de l'évaluation (questions) : recueil des données brutes pour la classe témoin.

Recueil des représentations des élèves de la classe témoin après la première évaluation :

Questions	questio n 1	questio n 2	questio n 3	questio n 4	questio n 5	questio n 6	questio n 7	questio n 8
Nombre d'élèves ayant répondu correctement à la question	11	15	9	16	5	16	11	0
En %	58%	79%	47%	84%	26%	84%	58%	0%

Recueil des représentations des élèves de la classe témoin après la seconde évaluation (avec remédiation) :

Questions	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5	Question 6	Question 7 (saison)	Q 8
Nombre d'élèves ayant répondu correctement à la question	11	15	14	17	10	18	13	
en %	58%	79%	74%	90%	53%	95%	69%	

Partie 2 de l'évaluation (hypothèses) : recueil des données brutes pour la classe témoin.

Recueil des réponses des élèves de la classe témoin après la première évaluation:

Hypothèses	hyp 1	hyp 2	hyp 3	hyp 4	hyp 5	hyp 6	hyp 7
élèves ayant considéré l'hypothèse comme correcte	4	12	10	14	18	13	6
en %	21%	63%	53%	73%	95%	68%	31%

Recueil des réponses des élèves de la classe témoin après la seconde évaluation (avec remédiation) :

Hypothèses	hyp 1	hyp 2	hyp 3	hyp 4	hyp 5	hyp 6	hyp 7
élèves ayant considéré l'hypothèse comme correcte	2	4	4	17	18	6	2
en %	10%	21%	21%	89%	95%	31%	10,00 %

Annexe n°25

Photographies des maquettes réalisées par les élèves de la classe témoin lors de la séance de remédiation :



Résumé :

En sciences, les élèves de cycle 3 sont capables d'aborder des phénomènes complexes en raisonnant sur les objets ou les observations qui les entourent. Cependant, la mise en place d'une démarche d'investigation est en elle-même plus importante que l'explication des différents phénomènes. Durant la phase de recherche, les protocoles utilisés peuvent être nombreux : expérimentation, observations, recherche documentaire, modélisation, etc...

Cette recherche en sciences porte sur le domaine de l'astronomie et plus précisément sur le thème « Les mouvements de la Terre autour du Soleil », dont les phénomènes sont non directement observables. L'objectif de cette recherche est d'essayer de percevoir les apports du modèle associé à la recherche documentaire. Dans cette optique, l'étude s'appuie sur la comparaison des résultats de deux classes de CE2, l'une n'utilisant que la recherche documentaire et l'autre utilisant le modèle.

Mots-clefs : sciences – cycle 3 – astronomie – modèle