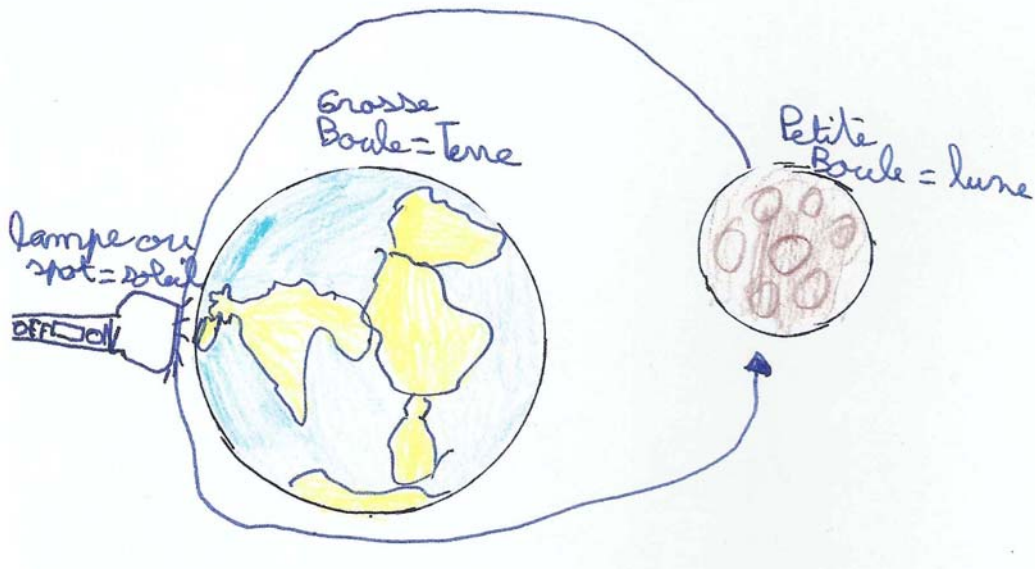


Enseignement de l'astronomie à l'école primaire :
quelle démarche d'investigation mettre en place
pour développer des compétences particulières chez
les élèves ?



Année universitaire 2005/2006

SOMMAIRE

INTRODUCTION	page 1
PARTIE I. CADRE THEORIQUE	page 2
1) Les objectifs de l'enseignement de l'astronomie au Cycle 3	page 2
a) Objectifs notionnels	page 2
b) Objectifs méthodologiques	page 2
2) Comment travailler en astronomie au Cycle 3 ?	page 2
a) La démarche scientifique	page 2
b) Cette démarche est-elle applicable telle quelle en astronomie ?	page 3
3) Les différentes formes d'activité et leur intérêt en astronomie	page 4
a) L'observation	page 4
b) La modélisation	page 4
c) La simulation	page 6
d) La documentation	page 6
e) L'expérimentation	page 6
4) Les compétences pouvant être développées au moyen de l'astronomie	page 7
PARTIE II. MISE EN ŒUVRE PEDAGOGIQUE	page 9
1) Présentation du projet	page 9
2) Déroulement	page 9
a) Phase préliminaire	page 9
b) Séquence réalisée en classe	page 10
3) Analyse	page 12
a) Conceptions des élèves	page 12
b) Les différentes formes d'activité	page 14
c) Implication des élèves	page 20
d) Difficultés rencontrées	page 21
e) Evaluation de la séquence	page 22
f) Compétences développées	page 25
CONCLUSION	page 28
BIBLIOGRAPHIE	page 29
ANNEXES 1 à 4	

INTRODUCTION

L'astronomie est sans doute la plus ancienne des sciences. Elle a depuis toujours émerveillé les hommes. Synonyme de fascination et de mystère, cette science est, peut-être plus que toute autre, source de curiosité et d'intérêt pour les élèves.

L'étude des astres est cependant très peu enseignée à l'école élémentaire. Ce paradoxe s'explique en partie par le fait que l'astronomie est souvent perçue comme trop complexe par les professeurs des écoles. Bien que faisant partie des Programmes Officiels, elle est parfois considérée comme impossible à traiter en primaire parce qu'elle n'offre pas de situations expérimentales susceptibles de fournir un matériau manipulable. Si ce jugement est contestable, il demeure exact que cette discipline occupe une place à part, toute expérimentation directe sur le réel étant exclue.

Dans les faits, l'enseignement des sciences n'a que trop rarement des objectifs en terme de savoir-faire pourtant essentiels à la compréhension des phénomènes étudiés. La place de l'expérimentation et de la manipulation est souvent réduite au profit de l'apprentissage de connaissances de type encyclopédiques. Je me suis donc interrogé sur le fait que, si l'astronomie présentait des spécificités, son enseignement devait nécessiter la mise en œuvre d'une démarche particulière. Et il me semblait que comme toute discipline particulière, ses apports chez l'apprenant devaient être notables. Ce mémoire est donc né du questionnement suivant : **quelle démarche d'investigation mettre en place en astronomie pour développer des compétences particulières chez les élèves ?**

La première partie de ce mémoire cherchera à comprendre, références à l'appui, comment l'enseignement de l'astronomie, en dépit de ses spécificités, peut néanmoins entrer dans une démarche scientifique du type « La main à la pâte ». Je m'interrogerai également sur les apports de l'astronomie, tant au niveau méthodologique que des savoir-faire, chez les élèves.

Pour tenter d'apporter une réponse à ces interrogations, j'ai mis en place une séquence sur les phases de la Lune. Celle-ci sera présentée puis analysée dans la seconde partie de ce mémoire.

PARTIE I. CADRE THEORIQUE

1) Les objectifs de l'enseignement de l'astronomie au Cycle 3

a) Objectifs notionnels

L'astronomie fait partie intégrante des programmes de l'école élémentaire. Son contenu est détaillé dans les Instructions Officielles du Cycle 3, dans le domaine des sciences expérimentales et technologie, au chapitre « le Ciel et la Terre » :

- « la lumière et les ombres,
- les points cardinaux et la boussole,
- le mouvement apparent du Soleil,
- la durée du jour et son évolution au cours des saisons,
- la rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences,
- le système solaire et l'Univers,
- la mesure des durées, des unités (...) »

b) Objectifs méthodologiques

Les Instructions Officielles de 2002 précisent que « l'objectif est en premier lieu d'observer méthodiquement les phénomènes les plus quotidiens et d'engager les élèves dans une première démarche de construction d'un modèle scientifique ».

Les programmes suivent ainsi Le Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (P.R.E.S.T.E.), mais aussi les principes de « La main à la pâte ». Cette opération, initiée par Georges Charpak en 1996, vise en effet à mettre l'élève dans une position de chercheur en herbe en lui permettant d'adopter une démarche d'investigation scientifique qui le place au centre de ses apprentissages. Une des clés de « La main à la pâte » est d'articuler apprentissages scientifiques, maîtrise du langage et éducation à la citoyenneté. Elle a montré son efficacité dans l'enseignement des sciences à l'école et peut donc servir de référence concernant l'astronomie au Cycle 3. Cependant pour atteindre les objectifs méthodologiques visés en astronomie, la démarche à utiliser doit tenir compte des spécificités de la discipline, notamment l'impossibilité d'expérimenter directement sur le réel.

2) Comment travailler en astronomie au Cycle 3 ?

a) La démarche scientifique

Le chapitre « le ciel et la Terre » peut-il être considéré comme les autres domaines scientifiques et rentrer dans le cadre de la démarche scientifique telle qu'on la conçoit généralement ? Il convient avant tout de rappeler en quoi cette démarche consiste. Dans celle-ci, les étapes fondamentales sont les suivantes :

- questionnement et formulation d'un problème à partir d'observations initiales
- émission d'hypothèses pour tenter d'expliquer le phénomène
- recherche et vérification des hypothèses par différents moyens d'investigation
- lecture, interprétation des résultats et conclusion
- construction et structuration d'une nouvelle notion (synthèse, trace écrite).

Ce modèle reste cependant théorique, puisqu'il n'inclut par exemple ni les tâtonnements ni les reformulations d'hypothèses. L'activité scientifique doit avoir une part de créativité et

d'inventivité ; elle est irréductible à quelque méthode stéréotypée selon ASTOLFI *et al*, 1998. Il s'agit donc avant tout d'une méthode de travail permettant aux élèves de résoudre un problème ou de répondre à une question qu'ils se sont posée.

René THOM (cité par ASTOLFI *et al*, 1998) évoque quant à lui les règles déontologiques de la démarche scientifique :

- « 1. *Usage correct des instruments, évaluation objective des causes d'erreur et des bornes globales de l'erreur, honnêteté de la pratique et fidélité des résultats.*
2. *Scrupuleuse précision et exactitude des protocoles de préparation et d'expérimentation afin de permettre la reproduction de l'expérience. »*

Le sujet d'étude doit avoir du sens pour les élèves ; cette condition est indispensable à leur motivation et à leur activité. Adopter la démarche scientifique est un choix pédagogique fondamental puisqu'il permet de placer les élèves au cœur des apprentissages.

Il faut envisager les pratiques expérimentales comme ces occasions de stimuler intellectuellement les élèves dans leur zone proximale de développement, zone qui dépasse leurs possibilités conceptuelles du moment mais qui est accessible grâce à la médiation de l'enseignant, du groupe et des activités. L'éducation scientifique permet aux élèves de développer une réflexion, enracinée à partir de ces actions et manipulations, mais aussi de travailler leurs représentations du monde pour les faire évoluer positivement.

Les Documents d'application des programmes précisent que le maître doit jouer un rôle de filtre dans les questions posées par les élèves : il ne garde que « *celles qui débouchent sur des expériences, des réalisations et des observations sans danger, réalisables avec les moyens locaux* ». Il doit ensuite « *mettre en œuvre une stratégie et le matériel nécessaire pour que toute la classe se l'approprie* ». Les élèves sont ainsi engagés dans « *des activités d'investigations et de réalisations à partir d'un questionnement, de propositions de mises en œuvre expérimentales, suscité et encadré par le maître* ».

b) Cette démarche est-elle applicable telle quelle en astronomie ?

En astronomie, les phénomènes nécessitent généralement d'être observés sur d'assez longues périodes (plusieurs jours voire plusieurs semaines selon le sujet d'étude) et parfois de nuit. Ces conditions peuvent créer des difficultés, lesquelles ne sont pas nécessairement insurmontables.

Mais la particularité essentielle de l'astronomie est qu'il est impossible d'expérimenter sur le réel : elle interdit toute manipulation des objets étudiés. On est donc forcé de mettre en place d'autres méthodes consistant à modéliser, simuler le phénomène étudié. Ces deux étapes complètent les observations et la documentation indispensables.

Selon DEFER et THIERRY (1994), la démarche pédagogique en astronomie repose sur deux méthodes :

- Une démarche scientifique adaptée (que nous développerons dans le paragraphe 3) :
- L'interdisciplinarité :
 - × En français : acquisition d'un vocabulaire spécifique, expression orale et écrite à l'occasion d'exposés et de recherches, pratique de lecture documentaire.
 - × Mathématiques : comparaison de nombres, manipulations sur les grands nombres, situations faisant intervenir la division et la proportionnalité (échelles).

- × Utilisation d'instruments comme la règle, le compas et le papier millimétré.
- × Utilisation d'unités propres à l'astronomie.
- × Géographie : points cardinaux, fuseaux horaires, saisons.
- × Histoire : origine et dates importantes de l'astronomie jusqu'à la conquête de l'espace.
- × Sciences naturelles : la vie dans l'espace, la vie sur Terre réglée par le système solaire.

Quelles sont alors les différentes formes d'activité possibles et leur intérêt dans l'enseignement de l'astronomie au Cycle 3 ?

3) Les différentes formes d'activité et leur intérêt en astronomie

a) L'observation

L'astronomie est avant tout une science d'observation. Il est cependant nécessaire que cette dernière se fasse dans des conditions bien précises. Pour François JACOB [*in* ASTOLFI *et al*], la « *démarche scientifique ne consiste pas seulement à observer, à accumuler des données expérimentales, pour en déduire une théorie. On peut parfaitement examiner un objet pendant des années sans en tirer la moindre observation d'intérêt scientifique* ». Selon lui, « *pour apporter une observation de quelque valeur, il faut déjà, au départ, avoir une certaine idée de ce qu'il y a à observer. Il faut avoir décidé ce qui est possible grâce à une certaine idée de ce que peut bien être la réalité, grâce à l'invention d'un monde possible.* »

Seules des observations rigoureuses et ciblées permettront donc un véritable travail scientifique. Il s'agit d'une véritable phase d'activité pour les apprenants, ceci étant cohérent avec les Programmes de 2002 qui, concernant l'enseignement des sciences à l'école, insistent sur le fait que « l'activité des élèves est la règle ».

Les Instructions Officielles de 2002 rappellent d'ailleurs que les connaissances sont d'autant mieux assimilées qu'elles sont nées de questions posées à l'occasion de manipulations, d'observations et de mesures. L'observation doit ainsi être une des premières activités à proposer aux élèves dans une séquence d'astronomie. Deux types d'observations sont en réalité possibles : des observations à court terme, éventuellement répétées, et des observations à long terme. Ces deux types sont complémentaires.

b) La modélisation

Contrairement aux lois scientifiques, les modèles n'ont pas pour but d'établir une relation invariante entre grandeurs, mais ils correspondent à des constructions théoriques plus arbitraires, à base d'analogies et de calcul sur les propositions. Selon Claudine LARCHER (citée par ASTOLFI *et al*, 1998), « *la modélisation est une démarche qui consiste à élaborer en référence à un réel complexe une construction mentale nouvelle, manipulable, en vue d'assurer une fonction explicite. Elle est, en ce sens, une étape incontournable à la fois dans le processus même de construction des connaissances scientifiques et lors de l'utilisation de ces connaissances* ».

Selon Victor HOST (cité par ASTOLFI *et al*, 1998), « *l'explication scientifique repose sur la construction de modèles ou de théories. Un modèle est une construction de l'esprit qui se substitue à l'objet réel pour l'ensemble des opérations intellectuelles qu'on peut effectuer sur ce dernier : déduction, analyse, synthèse, application* ».

Les modèles sont de puissants outils intellectuels, car le réel est remplacé par une construction mentale. Leur usage nécessite ainsi des capacités d'abstraction plus grandes que la

pensée hypothético-déductive à base expérimentale, celle qui permet de distinguer les variables en jeu, d'établir en fonction d'elles un plan expérimental et d'anticiper sur les résultats attendus pour prévoir l'effet possible d'un facteur (ASTOLFI *et al*, 1998).

Selon A.-M. DROUIN (1988), le modèle « *peut être un objet concret (maquette, modèle réduit), un schéma simplificateur (...) ou une métaphore, une analogie.* »

Les modèles ne sont pas pour autant inaccessibles aux jeunes élèves. Guy RUMELHARD (cité par ASTOLFI *et al*, 1998) présente quatre types de situations propices à l'usage de modèles :

- *La situation est analysable mais pas trop complexe*
- *L'analyse fine individuelle est inappropriée*
- *L'analyse conduirait à séparer des totalités non décomposables*
- *Les structures à analyser ne sont pas directement visibles.*

Ces modèles, que l'auteur décrit pour la biologie sont cependant tout à fait transposables à l'astronomie. La dernière situation est omniprésente lorsqu'on étudie le système Terre-Lune-Soleil puisque la taille du système, et l'utilisation de techniques indirectes, partielles et parfois non concordantes rend nécessaire un modèle pour se représenter l'ensemble du système.

Pour comprendre et agir, l'élève fait d'abord appel à ses propres représentations. Il est possible d'y substituer des représentations construites : les modèles. On note alors un glissement dans la nature de la tâche car l'action sur le réel est remplacée par une activité mentale à partir du modèle ou déplacée vers une action matérielle substitutive. Cependant, si on fait toujours correspondre à une situation donnée un modèle unique, il apparaît un risque de confusion entre la réalité étudiée et la représentation hypothétique de cette réalité. On a alors tout intérêt à proposer des modèles alternatifs utilisant des supports différents.

En astronomie, pour expliquer la succession des jours et des nuits, on travaille sur des modèles géocentriques et d'autres héliocentriques. Le fait que le modèle ne représente pas fidèlement la réalité, mais qu'il constitue une construction conceptuelle comportant une part de gratuité et d'arbitraire se jugeant à ses fruits devient alors envisageable par les élèves (ASTOLFI *et al*, 1998). La manipulation de maquettes utilisant des boules pour représenter la Terre, la Lune, le Soleil ou les planètes permet ainsi d'inscrire l'astronomie dans une démarche scientifique.

La modélisation ne s'oppose pas à l'expérimentation ni à l'observation. Tous ces modes d'investigation prennent appui l'un sur l'autre et se complètent. Une expérimentation peut induire une question dont la solution nécessitera la construction ou l'usage d'un modèle. A l'inverse, la prévision faite dans le cadre d'un modèle pourra être vérifiée par expérimentation ou observation. Les connaissances scientifiques se construisent ainsi parallèlement sur les deux registres : le registre empirique et celui des modèles.

En astronomie, les modèles, outre leurs fonctions représentative et explicative, ont une fonction prédictive (ASTER n°7). Les élèves peuvent ainsi anticiper des résultats grâce à eux. Les modèles sont confrontés au réel et on peut passer d'un modèle à un autre. Cependant, pour un nombre important d'élèves, la prédiction n'est pas assurée (MERLE, 2000). Ayant utilisé un modèle explicatif de la rotation terrestre (sous forme de planétarium), elle a constaté que l'application du modèle à un référent empirique « élargi » ne fonctionnait pas pour plus de la moitié des élèves de CM étudiés.

Enfin, la construction de modèles ne doit pas être perçue comme un objectif en soi. Elle a pour but d'amener les élèves à prendre conscience que la connaissance se construit et que les modèles permettent prévision et explication. La modélisation est en ce sens complémentaire de l'expérimentation (DROUIN, MERLE et PIERRARD *in* ASTER n°7).

c) La simulation

Au cours d'une séance d'astronomie (par exemple, l'étude des relations Terre - Lune - Soleil), une simulation des phénomènes peut permettre aux apprenants de mieux comprendre les différents phénomènes mis en jeu. Des élèves jouent le rôle d'un astre et se déplacent comme les corps célestes, d'autres observant leurs camarades.

Cette forme d'activité est fondamentale dans une séquence d'astronomie avec de jeunes élèves. En effet, ceux-ci rencontrent souvent des difficultés à se représenter le système entier. Avec des activités sous forme de jeux de rôle, l'élève peut tour à tour être à l'intérieur et à l'extérieur du système. La simulation est donc complémentaire de la modélisation où interviennent par exemple des balles (planètes) et un projecteur (Soleil). L'élève se mettant réellement à la place de l'astre, il pourra affiner sa compréhension du phénomène.

La simulation peut également prendre une autre forme, par le biais de logiciels. En effet, lorsqu'on essaie de modéliser le mouvement des planètes autour du Soleil, le déroulement d'une éclipse, les mouvements de la croûte terrestre, les phases de la Lune, etc. le facteur "temps" doit être pris en compte. Il est possible de recourir de manière raisonnée à des logiciels, ou à des animations (de type Flash ou utilisant des images Gif), qui permettront de "visualiser" comment les objets étudiés évoluent au cours du temps. Cette phase, complémentaire des précédentes, prend toute son utilité en astronomie.

d) La documentation

Les Instructions Officielles de 2002 insistent sur l'importance de confronter les élèves à des ouvrages de référence et des documents scientifiques. Cette démarche permet tout à la fois de consolider leurs connaissances et de contribuer à l'apprentissage de la langue.

Dans le cas de l'astronomie, les sources documentaires sont nombreuses et variées. Une importante bibliographie est accessible dès le Cycle 3 et il n'est pas rare que les élèves possèdent de tels ouvrages chez eux. On peut également mettre à leur disposition (si les conditions matérielles le permettent) des sources multimédia comme des CD Rom et des sites internet. Les élèves y trouveront notamment des animations permettant de mieux appréhender les mouvements des astres. Ces sources s'avèrent ainsi complémentaires des ouvrages.

Du fait de leur intérêt pour cette discipline, les élèves consultent volontiers une telle documentation. Ceci peut se faire durant la séquence d'astronomie, mais aussi en dehors si le maître vise des objectifs plus transversaux. Cependant il faut veiller à ce que la documentation n'apporte pas aux apprenants que des savoirs encyclopédiques. Les élèves de Cycle 3 sont en effet friands de savoirs de ce type, mais ces connaissances sont souvent décorrélées des objectifs de la séquence étudiée en classe et, de ce fait, mal assimilés. Il est donc capital que les élèves utilisent la documentation de manière raisonnée : par exemple, pour trancher entre deux hypothèses lorsque la modélisation ne le permet pas (modèle héliocentrique ou modèle géocentrique) et non pour disposer d'une mosaïque de savoirs parcellaires insuffisants pour construire un réel savoir scientifique.

e) L'expérimentation

L'astronomie étant par essence une science d'observation, la phase expérimentale ne peut être la même que celle pratiquée par exemple lors de l'étude de phénomènes physiques. Dans notre cas, on ne peut expérimenter que sur des maquettes, qui ne sont qu'une représentation du

réel. Il y a manipulation, certes, mais y a-t-il expérimentation en astronomie ? Peut-être, dans une certaine mesure, puisqu'on expérimente sur des maquettes qui représentent la réalité.

L'observation, la schématisation et l'expérimentation ne font, en apparence, que prolonger et préciser les catégories intuitives de la perception et du langage quotidien. En fait ASTOLFI *et al* (1998) nous indiquent qu'il « *s'agit souvent d'une rupture avec elles, conduisant à une organisation nouvelle des données de la perception et de l'action. Cette réorganisation s'opère grâce à l'établissement de relations et de corrélations entre phénomènes, échappant à la contingence et à la circonstance pour construire la régularité d'un fait scientifique. Elle est ainsi liée au besoin d'explication des jeunes élèves.* »

4) Les compétences pouvant être développées au moyen de l'astronomie

Les Documents d'application des programmes listent les compétences spécifiques visées pour l'ensemble des thèmes faisant partie du domaine « Le ciel et la Terre ». Parmi celles-ci, l'apprentissage de l'astronomie semble pouvoir développer un certain nombre de **compétences notionnelles** dont les principales sont :

- « Savoir qu'il existe un pôle Nord et un pôle Sud (...) »
- Etre capable de représenter qualitativement la trajectoire apparente du Soleil dans le ciel (...)
- Savoir que la trajectoire apparente du Soleil dans le ciel est la plus courte à la date du solstice d'hiver (...) et la plus longue à la date du solstice d'été (...)
- Savoir que, dans l'hémisphère Nord, la trajectoire apparente du Soleil dans le ciel est parcourue de gauche à droite pour un observateur tourné vers le Soleil
- Savoir que la Terre, en plus de sa rotation sur elle-même, effectue une révolution autour du Soleil en environ 365 jours et 6 heures
- Savoir que la Terre tourne sur elle-même d'un tour en 24 heures
- Savoir que la Terre, vue du Soleil, décrit une trajectoire qui est pratiquement un cercle centré sur celui-ci (...)
- Savoir que la Lune tourne autour de la Terre
- Savoir que la durée de rotation de la Terre sur elle-même et celle de la révolution autour du Soleil ont depuis longtemps servi d'unités à la mesure des durées. »

Par ailleurs, au sein des savoir-faire mentionnés par les Documents d'application des programmes, certains peuvent être particulièrement visés dans le cadre de l'astronomie. Ces **savoir-faire principaux** sont :

- « Etre capable de constater qu'un objet opaque éclairé par une source de lumière présente une partie lumineuse et une partie sombre (...) »
- Etre capable de déterminer dans quelles positions l'observateur peut voir (...) la source qui l'éclaire
- Etre capable d'utiliser les points cardinaux pour repérer une direction (...)
- Savoir utiliser une boussole
- Etre capable de mettre en évidence, par une observation directe, que le Soleil n'apparaît pas et ne disparaît pas tous les jours à la même heure ; mettre en relation cette évolution avec celle du mouvement apparent du Soleil
- Etre capable d'exploiter un calendrier pour déterminer les caractéristiques de chaque saison et les dates (...)

- A partir d'une modélisation matérielle élémentaire du système Terre-Soleil (...), être capable d'examiner différentes hypothèses destinées à expliquer l'alternance des journées et des nuits (...)
- Etre capable de retrouver le sens de rotation de la Terre sur elle-même à partir de l'observation du mouvement apparent du Soleil
- Etre capable de réaliser une représentation des dimensions des planètes et des dimensions des orbites avec des échelles différentes
- Etre capable d'écrire et de faire des manipulations sur les grands nombres
- Etre capable de fabriquer et de manipuler quelques dispositifs présentant un intérêt historique : gnomon, sablier, clepsydre, pendule. »

Par ailleurs, les Programmes Officiels listent des **compétences transversales des sciences expérimentales** dont certaines peuvent être développées au moyen de l'astronomie. Parmi celles-ci, citons :

- « Etre capable de poser des questions précises et cohérentes à propos d'une situation d'observation ou d'expérience
- Etre capable d'imaginer et réaliser un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose, en s'appuyant sur des observations, des mesures appropriées ou un schéma
- Etre capable d'utiliser des instruments d'observation et de mesure
- Etre capable de mettre en relation des données, en faire une représentation schématique et les interpréter
- Etre capable de mettre en relation des observations réalisées en classe et des savoirs que l'on trouve dans une documentation
- Etre capable de rédiger un compte rendu intégrant schéma d'expérience ou dessin d'observation. »

De plus, parmi les **compétences relevant du « parler, lire, écrire »** mentionnées par les Programmes Officiels, l'astronomie peut contribuer à développer certaines compétences essentielles comme :

- « Etre capable d'utiliser le lexique spécifique des sciences dans les différentes situations didactiques mises en jeu
- Etre capable de formuler des questions pertinentes
- Etre capable de participer activement à un débat argumenté pour élaborer des connaissances scientifiques en respectant les contraintes (raisonnement rigoureux, examen critique des faits constatés, précision des formulations, etc.)
- Etre capable de lire et comprendre un ouvrage documentaire, de niveau adapté, portant sur l'un des thèmes au programme
- Etre capable de traiter une information complexe comprenant du texte, des images, des schémas, des tableaux, etc.
- Etre capable de prendre des notes lors d'une observation, d'une expérience, d'une enquête, d'une visite
- Etre capable de rédiger un texte pour communiquer des connaissances (texte à statut documentaire)
- Etre capable de produire, créer, modifier et exploiter un document à l'aide d'un logiciel de traitement de texte. »

Enfin, DEFER et THIERRY (1994) indiquent pour leur part que les trois compétences principales qui peuvent être développées grâce à l'astronomie sont :

- « Se repérer dans le temps et dans l'espace

- Observer des phénomènes naturels et des documents
- Rechercher des explications et représenter des phénomènes par des schémas et des maquettes. »

L'enseignement de l'astronomie semble donc pouvoir s'envisager sous la forme d'une démarche d'investigation, à condition que l'on tienne compte des spécificités de cette discipline. L'astronomie apparaît également capable de développer un certain nombre de compétences chez l'élève de Cycle 3. J'ai souhaité mettre ces premiers éléments de réflexion à l'épreuve d'une séquence de classe.

PARTIE II. MISE EN ŒUVRE PEDAGOGIQUE

1) Présentation du projet

J'ai pu mettre en place une séquence d'astronomie au cours de mon deuxième stage en responsabilité. Celui-ci s'est déroulé dans la classe de CM1 de l'école Jean Butez de Clermont-Ferrand (circonscription Clermont Ville). Dans cette classe, composée de 23 élèves, la partie « le ciel et la Terre » n'avait pas été abordée cette année et la grande majorité des élèves avait peu d'acquis en astronomie, selon la titulaire de la classe.

Le groupe classe, pas spécialement difficile à gérer d'un point de vue disciplinaire, était cependant très hétérogène : il comprenait de nombreux élèves en difficulté qui étaient peu dans la tâche et nécessitaient donc une attention particulière du maître. La titulaire m'avait aussi prévenu du fait que les élèves étaient peu curieux et difficiles à intéresser. J'en ai eu la confirmation lors mon premier contact avec la classe : l'astronomie ne semblait pas les attirer outre mesure... Le challenge était donc intéressant à relever.

J'ai souhaité réaliser une séquence fédérant toutes les sortes d'activités (observation, modélisation, simulation, documentation, etc.) autour d'un même thème. Compte tenu de la durée du stage et du niveau des élèves, mon choix s'est porté sur **l'étude des phases de la Lune**. Un tel thème s'accompagnait d'une phase d'observation préalable de longue durée (un mois), permettant aux élèves de s'imprégner du sujet et de commencer à réfléchir à celui-ci avant mon arrivée dans la classe.

2) Déroulement

a) Phase préliminaire

Mon objectif était que les élèves observent un cycle lunaire complet avant le début du stage, essentiellement en février. J'ai donc pris contact avec la classe fin janvier afin de donner aux élèves des grilles d'observations [voir annexe 1]. Je souhaitais que les élèves observent la Lune tous les deux jours (quand les conditions le permettaient) pour remplir la grille vierge. Pour cela, la consigne était de colorier la partie éclairée en jaune, la partie non éclairée en gris, noter l'heure de l'observation et représenter de manière simplifiée l'horizon sous la Lune (afin d'éviter une éventuelle mauvaise orientation de la Lune sur leurs dessins). Pour les aider dans leurs représentations, que je jugeais peu évidentes au début, le contour de la Lune était mis en pointillés, volontairement disproportionné par rapport à l'horizon, afin que les élèves disposent de plus de place pour représenter le disque lunaire.

Les observations devaient débiter le 31 janvier avec la titulaire, la Lune étant alors visible aux heures de classe. Un problème de météo (dix jours de brume et de ciel couvert) a quasiment interdit toute observation durant cette période. Par la suite, durant mes deux jours d'observation de classe (13 et 14 février), j'ai fait le point avec les élèves sur l'avancement du projet et leur ai donné quelques précisions et conseils.

b) Séquence réalisée en classe

La séquence que j'ai menée dans la classe - du 6 au 23 mars - visait à expliquer les phases de la Lune. Pour cela, j'ai mis en place une démarche d'investigation complète utilisant les différentes formes d'activités possibles en astronomie, nécessitant neuf séances. Dans un souci de concision, mes fiches de préparations n'apparaissent pas dans le mémoire, le descriptif des neuf séances me paraissant suffisamment détaillé.

Séance 1 : Evaluation diagnostique, bilan des observations et observations de la Lune avec le maître (50 minutes)

- Distribution de **l'évaluation diagnostique**, qui comporte avec 5 questions :
 1. Entoure les phrases qui sont vraies :
La Terre tourne autour du Soleil Le Soleil tourne autour de la Terre
La Lune tourne autour de la Terre La Terre tourne autour de la Lune
 2. Classe ces trois astres du plus petit au plus grand : Terre - Soleil - Lune
 3. Lequel de ces 2 astres est le plus loin de nous : le Soleil ou la Lune ?
 4. A quel(s) moment(s) de la journée peut-on voir la Lune dans le ciel ?
 5. La Lune a-t-elle toujours le même aspect quand tu l' observes dans le ciel ? Sais-tu pourquoi ?
- **Bilan des observations faites par les élèves avant le début du stage**
Questions du maître : ces observations ont-elles été faciles ? Avez-vous pu faire beaucoup de dessins ? Avez-vous observé seuls ? Avec un instrument ? Avez-vous fait des observations d'ailleurs que de chez vous ? Echange oral avec les élèves.
- **Observations de la Lune dans la cour avec le maître** (renouvelées pendant le stage) :
Le maître fait une observation de la Lune avec les élèves en insistant sur le côté rigoureux : date et heures précises, forme précise de la partie éclairée (position du terminator), bonne orientation du dessin (horizontalité), représentation sommaire de l'horizon.

Séance 2 : Mise en commun des observations, recueil des représentations et premières hypothèses (50 minutes)

- **Mise en commun et synthèse des observations** : parmi les élèves ayant fait des observations assez nombreuses et précises, un élève passe au tableau pour dessiner ses observations sur une grande grille vierge préparée par le maître.
- Comparaison des observations avec les autres élèves. Lorsqu'il y a un gros écart avec l'aspect réel de la Lune ou s'il y a un manque de données, le maître comble les trous grâce à son calendrier lunaire « tout fait » de février/mars, non présenté pour lecture aux élèves.
- On construit une grille d'observations par recoupement des données. Vérification sur un calendrier des postes. Mise en évidence de quelques aspects remarquables de la Lune (première émergence du vocabulaire spécifique des phases de la Lune).
- Les élèves complètent les dessins des jours où ils n'ont pu observer. On conserve une grille commune (feuille de paperboard) synthétisant les données, dont chaque élève aura une copie.
- **Questionnement, recueil des représentations et premières hypothèses** : la Lune change de forme, mais pourquoi ? Les élèves émettent des hypothèses.
- Les hypothèses des élèves sont notées par le maître.

Séance 3 : Choix des hypothèses et établissement des groupes (30 minutes)

- Rappel du vocabulaire spécifique : pleine, nouvelle, quartier, croissant. Visualisation au tableau de l'aspect de la Lune.
- **Synthèse des hypothèses** émises par les élèves en séance 2. Le maître ne retient que les 4 principales. Les élèves doivent choisir quelle hypothèse est la plus vraisemblable pour eux.
- Etablissement des **groupes** en fonction de l'hypothèse que chaque élève croit correcte.

Séance 4 : Vers une modélisation (50 minutes)

- Mise en groupe (4 à 5 élèves par groupe) en fonction de l'hypothèse choisie.
- **Travail de groupe** : distribution de feuilles d'expérimentation. Il faut imaginer un dispositif permettant de tester si l'hypothèse est valable ou pas, c'est-à-dire si elle explique les phases de la Lune.
- Dans chaque groupe, un secrétaire est chargé de consigner par écrit l'expérience qu'ils souhaitent mener et le matériel dont le groupe a besoin. Deux productions sont attendues : un schéma et une liste de matériel.
- Le maître indique en milieu de séance quel type de matériel il pourra mettre à la disposition des élèves lors de la séance suivante : boules, spots, globes, etc. Il passe dans chaque groupe pour voir les dispositifs envisagés par les élèves.
- **Mise en commun** des différents dispositifs expérimentaux : un membre de chaque groupe expose oralement au reste de la classe le dispositif envisagé, en quelques phrases.
- A la fin de la séance, chaque élève remplit sa propre feuille d'expérimentation avec l'hypothèse à tester, le dessin de la manipulation envisagée et le matériel nécessaire.

Séance 5 : Modélisations en petits groupes (50 minutes)

- Mise en place des groupes et présentation du matériel par le maître.
- Chaque groupe **teste son hypothèse** en utilisant le matériel nécessaire : boules de polystyrène de différentes tailles, spots, globes terrestres, tiges métalliques, etc.
- Les manipulations terminées, chaque membre du groupe remplit sa propre feuille d'expérimentation avec le dessin de la manipulation, le résultat et son exploitation : hypothèse valide ou non.
- **Synthèse des manipulations** : un représentant de chaque groupe expose au reste de la classe si son hypothèse peut oui ou non expliquer les phases de la Lune.
- **Première conclusion collective** : c'est le mouvement et la position des astres qui sont responsables des phases de la Lune. Le maître reformule.

Séance 6 : Modélisations collectives (60 minutes)

- Rappel des séances précédentes, notamment des hypothèses qui ont permis d'expliquer les phases de la Lune.
- **Premier modèle** : le maître tient un ballon peint en gris au milieu d'une salle sombre dans laquelle un projecteur de diapositives éclaire le ballon. Les élèves sont placés autour. Le maître explique le modèle représenté ici : il fait tourner le ballon autour de lui-même.
- **Activité** : les élèves ont un plan du dispositif et doivent reconnaître les phases de la Lune. Chaque élève essaie de **dessiner** l'aspect du ballon lorsqu'il est dans chacune des 8 positions numérotées sur le plan donc repérer les 8 phases principales de la Lune vues depuis la Terre.
- **Deuxième modélisation collective** : le projecteur est allumé, un élève est au centre de la pièce et 8 élèves sont autour de lui et tiennent chacun une boule de polystyrène. L'élève au milieu, aidé des observateurs, doit reconnaître les 8 phases principales de la Lune vues sur les boules. Il doit verbaliser son action en utilisant le vocabulaire spécifique.

Séance 7 : Simulation par jeu de rôle (40 minutes)

- **Simulation** : les élèves sont répartis en 5 groupes de 4 à 5 élèves. Dans chaque groupe, un élève représente la Terre, un autre la Lune (portant ou non une boule de polystyrène), un troisième porte un spot, les autres observent. Les élèves doivent simuler un cycle lunaire avec leurs corps. Chacun doit se mettre successivement à la place des 3 astres. Ils tentent de retrouver toutes les phases de la grille d'observations en utilisant le vocabulaire spécifique.
- Synthèse des acquis précédents : **utilisation de la maquette Géorama de Jeulin (Soleil/Terre/Lune)**: le maître présente la maquette et explique son fonctionnement. Les élèves sont autour de la maquette et doivent reconnaître les phases de la Lune lorsqu'elle tourne autour de la Terre.
- Explication rapide des **éclipses** et des mouvements de la Terre.

Séance 8 : Synthèse et élaboration de la trace écrite (75 minutes)

- **1^{ère} phase** : recherche d'informations sur la Lune dans différents **ouvrages documentaires** sur l'astronomie sélectionnés par le maître. La moitié des élèves cherchent seuls ou par binômes des informations (textes et schémas) sur les phases de la Lune. Ils peuvent prendre des notes et sélectionner des schémas de synthèse.
- L'autre moitié utilise des **ordinateurs** connectés à deux sites web proposant chacun une animation flash interactive sur les phases de la Lune. Puis permutation des deux demi groupes pour que chaque élève ait utilisé les deux supports.
- **2^e phase : synthèse collective et trace écrite** : le maître fait le point avec les élèves sur les idées importantes qu'ils ont notées. La trace écrite est élaborée et expliquée ensemble. Chaque élève dispose d'un texte et d'un schéma de synthèse sur les phases de la Lune.

Séance 9 : Evaluation finale (30 minutes)

L'évaluation reprend les questions de l'évaluation diagnostique (pour évaluer si les connaissances des élèves ont progressé), et ajoute des questions sur la démarche utilisée en classe (évaluation des savoir-faire) et sur les nouvelles notions vues dans la séquence :

1. Entoure les phrases qui sont vraies :
La Terre tourne autour du Soleil Le Soleil tourne autour de la Terre
La Lune tourne autour de la Terre La Terre tourne autour de la Lune
2. Classe ces trois astres du plus petit au plus grand : Terre - Soleil - Lune
3. Lequel de ces 2 astres est le plus loin de nous : le Soleil ou la Lune ?
4. A quel(s) moment(s) de la journée peut-on voir la Lune dans le ciel ?
5. La Lune a-t-elle toujours le même aspect quand tu l'observes dans le ciel ? Explique en quelques phrases pourquoi la Lune présente différentes phases (quelle est la cause des phases de la Lune).
6. En utilisant du matériel simple, quelle expérience peux-tu faire pour expliquer les différentes phases de la Lune ? (tu peux dessiner une des expériences faites en classe)
Schéma de l'expérience :
Manipulations : que fais-tu avec le matériel ? Qu'est-ce que tu observes ?
7. Nomme les phases de la Lune sous les photos.

3) Analyse

a) Conceptions des élèves

Dès le début de la séquence, j'ai souhaité faire un point sur les connaissances des élèves et leurs représentations. En effet, même si ceux-ci n'avaient pas abordé à proprement parler le

domaine « Le ciel et la Terre », il n'en demeure pas moins que des enfants de cet âge possèdent des connaissances sur de tels sujets. Ces connaissances sont souvent encyclopédiques, dans le sens où elles ne renvoient pas toujours à une idée claire et où elles sont souvent décorréliées les unes des autres. L'évaluation diagnostique que j'ai envisagée était centrée sur la Lune et ses liens avec la Terre et le Soleil. Elle comportait uniquement des questions auxquelles j'avais prévu d'apporter une réponse au cours de la séquence.

Les résultats de cette évaluation sont synthétisés dans le tableau qui suit. Sous chaque question de l'évaluation apparaissent toutes les réponses données par les élèves. Pour chacune d'elles, j'ai indiqué le nombre et le pourcentage d'élèves ayant donné cette réponse. Les réponses correctes sont, elles, notées en bleu :

1. Entoure les phrases qui sont vraies :		
La Terre tourne autour du Soleil	63 %	(12 élèves)
Le Soleil tourne autour de la Terre	37 %	(7 élèves)
La Lune tourne autour de la Terre	74%	(14 élèves)
La Terre tourne autour de la Lune	16%	(3 élèves)
2. Classe ces trois astres du plus petit au plus grand : Terre - Soleil - Lune		
Lune - Soleil - Terre	32 %	(6 élèves)
Lune - Terre - Soleil	26 %	(5 élèves)
Terre - Lune - Soleil	26 %	(5 élèves)
Soleil - Lune - Terre ou Soleil - Terre - Lune	16 %	(3 élèves)
3. Lequel de ces 2 astres est le plus loin de nous : le Soleil ou la Lune ?		
Le Soleil	68 %	(13 élèves)
La Lune	32 %	(6 élèves)
4. A quel(s) moment(s) de la journée peut-on voir la Lune dans le ciel ?		
Matin et soir	26 %	(5 élèves)
Matin, soir et nuit	16 %	(3 élèves)
La nuit	10 %	(2 élèves)
La nuit et la journée	5 %	(1 élève)
A deux moments distincts (ex : « matin et nuit » ou « après-midi et soir »)	26 %	(5 élèves)
A un seul moment (« dans l'après-midi » ou « à 14h »)	16 %	(3 élèves)
5. La Lune a-t-elle toujours le même aspect quand tu l' observes dans le ciel ?		
L'aspect de la Lune varie	94 %	(18 élèves dont 7 ont fait un dessin)
L'aspect de la Lune est toujours le même	6 %	(1 élève)
Sais-tu pourquoi ?		
Je ne sais pas pourquoi	71 %	(15 élèves)
Quand les nuages partent, on voit plus ou moins la Terre	15 %	(3 élèves)
Parce qu'elle tourne autour de la Terre	9 %	(2 élèves)
La Lune tourne autour de la Terre et donc le Soleil l'éclaire plus ou moins	5 %	(1 élève)

Résultats de l'évaluation diagnostique (en bleu, les réponses correctes)

On s'aperçoit que la majorité des élèves savent quels mouvements animent la Terre et la Lune. Près des deux tiers savent que la Terre tourne autour du Soleil et les trois quarts savent que la Lune tourne autour de la Terre. Concernant les dimensions des trois astres et leurs distances relatives, les connaissances sont plus fragiles : peu d'élèves ont une vision globale du système, ce qui est à mon sens tout à fait normal à ce stade des apprentissages.

Les questions 4 et 5 prenaient appui sur les observations de la Lune qu'ils avaient faites avant le début du stage. Si la majorité des élèves avaient observé la Lune plusieurs fois, ces observations ne leur avaient pas permis de prendre conscience du phénomène d'évolution progressive et cyclique de la forme au cours du temps. Bien sûr, presque tous s'étaient rendu compte que l'aspect de la Lune variait. Mais peu d'entre eux s'étaient aperçus que, dans l'absolu, la Lune était visible de jour comme de nuit, et un seul élève connaissait l'explication correcte des phases de la Lune.

A l'issue de cette évaluation, il me paraissait évident qu'il fallait apporter aux élèves, plus que des connaissances brutes, des moyens de comprendre le phénomène pour qu'ils puissent construire une représentation personnelle satisfaisante. Tel était l'objectif de la séquence mise en œuvre.

b) Les différentes formes d'activité

- Les observations :

Un nombre assez important d'élèves ont fait des observations de qualité chez eux avant le début du stage. Les quatre grilles d'observations présentées dans l'annexe 1 en donnent un aperçu. Les consignes ont dans l'ensemble été bien respectées : utilisation des couleurs, notation de l'heure et dessin sommaire de l'horizon au moins au début. D'une manière générale, les élèves se sont efforcés d'effectuer des dessins précis, ce qui a facilité la phase de mise en commun des observations.

Les observations de Marie et de Karine [voir annexe 1] sont de qualité, les dessins correspondent bien à l'aspect de la Lune. J'ai cependant noté quelques contradictions chez certains élèves, notamment une confusion entre la partie éclairée et la partie sombre du disque lunaire. Ceci est visible dans les observations de Léonard entre le 15 et le 25 février : alors que les premières observations étaient correctes, les parties éclairées et sombres deviennent subitement inversées, donc inexactes.

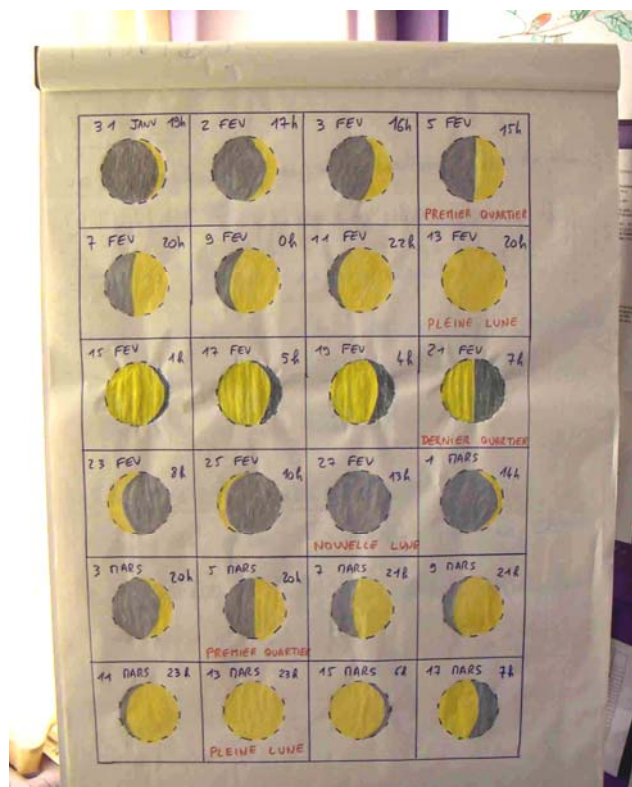
Sur la grille de Damien S., les représentations ne correspondent pas à l'aspect réel de la Lune : elles ne sont que de 4 types (premier et dernier quartier, nouvelle et pleine Lune). Par ailleurs, les heures de ses observations ne correspondent pas non plus à la réalité. De son propre aveu, on « l'avait aidé chez lui » et il est probable qu'il ait eu recours à un calendrier pour combler les trous car seules les quatre phases des calendriers apparaissent sur sa grille d'observations. Cette aide maladroite a sans doute fait naître une confusion dans son esprit, cet élève étant le seul à avoir confondu les photos du premier et du dernier quartier lors de l'évaluation finale.

- La mise en commun des observations :

Cette étape a constitué une aide importante pour les enfants dans la compréhension du phénomène des phases de la Lune. Aucun d'entre eux n'avait en effet une vision globale des différents aspects de la Lune sur un mois, et la notion de cycle lunaire leur était étrangère au début de la séquence. Plusieurs élèves, en mettant en commun leurs observations, ont eu l'impression d'

apporter une des pièces du puzzle, un élément de réponse à une question scientifique. Ils ont parfaitement perçu l'intérêt de mes interventions avec un calendrier lunaire des mois de février/mars que j'avais construit pour l'occasion (avec une photo de la Lune par jour) afin de combler les manques d'observations.

Cette mise en commun faite en début de stage (séance 2) a permis de construire ensemble une grille sur une feuille de paperboard (voir ci-contre). Celle-ci a été affichée près du tableau pendant toute la durée du stage et les élèves y ont eu recours à plusieurs reprises. Ce support a également renforcé leur curiosité et leur désir de faire des observations : tous les deux jours, nous avons complété ensemble une nouvelle case de la grille grâce aux observations qu'ils avaient pu faire la veille.



- Le recueil des représentations :

Ce travail était indispensable pour que les élèves construisent leur savoir concernant les phases de la Lune. Je rejoins en cela GIORDAN et DE VECCHI (1994) pour qui toutes les pédagogies qui agissent seulement « contre » ou « avec » les représentations des apprenants s'avèrent insuffisantes. Au Cycle 3, les élèves ont déjà amassé de nombreuses impressions sur les phénomènes se produisant dans le ciel et ont souvent été exposés à des informations *via* les médias. Les élèves abordent ce domaine avec des conceptions souvent naïves et erronées. L'élève doit se retrouver en position de changer ses représentations. Il faut ainsi « **faire avec pour aller contre** ». Cette pédagogie permet d'aboutir à une véritable construction du savoir ; c'est elle que je me suis efforcé de mettre en place dans ma démarche.

Les élèves ont ainsi pu émettre des hypothèses sur les causes des phases de la Lune. Celles-ci, au nombre de 8 sur la classe entière, ont été très variées :

1. Les nuages cachent une partie de la Lune
2. Le Soleil éclaire plus ou moins la Lune
3. La Lune tourne autour de la Terre
4. La Lune tourne autour de la Terre et la Terre tourne sur elle-même
5. La Lune tourne autour de la Terre, la Terre tourne sur elle-même et elle tourne autour du Soleil
6. Un satellite (artificiel) cache la Lune
7. Une météorite cache la Lune
8. La Lune passe derrière le Soleil.

Cette phase a donc permis aux élèves d'exprimer leurs conceptions, plus ou moins pertinentes. La plupart ont eu le souci de chercher une hypothèse permettant d'expliquer leurs observations, entrant en cela dans la démarche d'investigation. Leur participation a été très active, montrant leur implication dans la quête d'une explication.

Un premier débat a permis de cerner les points qui feraient l'objet d'une recherche, constituant de la sorte le projet de la classe. Ainsi, pour la séance suivante, les élèves n'ont travaillé que sur quatre hypothèses (hypothèses n°2, n°3, n°8 et l'adjonction des n°1, 6 et 7).

- L'utilisation des feuilles d'expérimentation :

Pour servir de support au travail de groupe, j'ai décidé de fournir aux élèves des feuilles faisant apparaître chacune des étapes de la démarche d'investigation [voir annexe 2]. Les élèves ne possédaient pas de cahiers d'expériences et n'avaient pas l'habitude de mener de telles activités. J'ai donc présenté ce nouvel outil, pas à pas, afin que les élèves perçoivent son intérêt et s'immergent peu à peu dans la démarche. Chaque élève faisait partie d'un groupe chargé de tester une des quatre hypothèses. Ils étaient donc invités à suivre la trame fournie puis à renseigner sur la feuille **les cinq étapes de leur investigation : hypothèse, dispositif imaginé, réalisation de l'expérience, résultat et exploitation**. Les objectifs visés étaient donc conformes à ceux de « La main à la pâte ».

L'annexe 2 présente cinq feuilles d'investigation recto verso (une par groupe car les productions d'un même groupe sont très semblables). Les hypothèses des groupes étaient les suivantes :

Groupe 1 : Les nuages (ou autre chose : météorite ou satellite artificiel) cachent la Lune.

Groupe 2 : La Lune passe derrière le Soleil et est éclairée par ses rayons.

Groupes 3 et 4 : Le Soleil éclaire plus ou moins la Lune.

Groupe 5 : La Lune tourne autour de la Terre.

On constate qu'intuitivement, les élèves ont imaginé des expériences proches, utilisant à peu près le même matériel quelle que soit l'hypothèse à tester. Concernant la représentation du dispositif envisagé, deux types émergent. Certains ont utilisé une représentation schématique des éléments [groupe 2, voir la feuille de Damien S.], d'autres une représentation plus pragmatique, cherchant à dessiner le matériel le plus fidèlement possible [par exemple le groupe n°1, voir la feuille de Nicolas V.]. Cette dichotomie se poursuit dans l'étape 3, lorsque j'ai demandé aux élèves de dessiner l'expérience menée. Remarquons notamment la feuille de Damien T. [groupe n°3] chez qui la représentation démontre d'évidentes qualités de maturité et de recul sur ses observations.

Lorsque certains groupes ont essayé de conclure à partir de leurs expériences, ils se sont heurtés à des obstacles. Il a été difficile pour eux de donner une portée « universelle » à leur expérience en prenant en compte tous les paramètres. Je me suis en fait aperçu qu'il s'agissait principalement d'un problème d'expression : les élèves savaient conclure oralement, mais ils avaient du mal à l'exprimer avec leurs mots. Pour cette raison notamment, l'utilisation d'une feuille d'expérimentation à remplir m'a semblé tout à fait pertinente pour les élèves. Ceux-ci ont travaillé grâce à elle de **nombreuses compétences** transversales des sciences expérimentales mais aussi des compétences relevant du « parler, lire, écrire ».

- Une organisation intéressante : le travail de groupe :

Certains moments d'activité de la séquence nécessitaient un travail de groupe. A mon sens, chaque élève ne pouvait imaginer seul une expérience cohérente permettant de tester les phases de la Lune ni examiner une hypothèse de manière rigoureuse avec du matériel. Une telle organisation n'aurait d'ailleurs pas été gérable d'un point de vue matériel dans la classe. Par ailleurs, mon objectif, au travers de ce travail de groupe, était aussi d'atteindre des compétences plus générales comme :

- Etre capable de participer activement à un débat argumenté pour élaborer des connaissances scientifiques en respectant les contraintes : raisonnement rigoureux, examen critique des faits constatés, précision des formulations, etc. (séances 4 et 8)
- Etre capable d'exposer au reste de la classe un travail fait par son groupe (séance 4)
- Etre capable de participer activement à un travail de recherche par équipes (séances 4 et 5).

J'ai pu constater dans les groupes un fonctionnement souvent fructueux : des **confrontations** ont eu lieu, chaque élève soutenant son point de vue en argumentant. Dans aucun des cinq groupes formés durant les séances 4 et 5 les élèves ne se sont reposés sur les idées d'un seul membre. Les élèves se sont donc **retrouvés dans la position de chercheurs**, mettant à l'épreuve leur hypothèse. Cette démarche leur a permis de confronter leurs conceptions à une modélisation réaliste et c'est à regret que certains ont admis que leur hypothèse n'était pas pertinente. Le rôle du maître, s'il tend à s'effacer lors de telles phases, est de veiller à la bonne utilisation du matériel, c'est-à-dire que les élèves ne concluent pas faussement à cause d'une mauvaise manipulation. Ce fut notamment le cas pour le groupe testant l'hypothèse « La Lune passe derrière le Soleil » qui ne contredit pas entièrement les données d'observation.

- La modélisation :

Les recours à la modélisation ont été nombreux, mais toujours justifiés aux élèves. Lorsque ce n'était pas eux qui avaient imaginé le dispositif, nous avons pris le temps de l'expliquer, de voir à quel astre correspondait tel objet et quels étaient ses mouvements. Ce passage à des modèles a paru légitime aux élèves, ce qui leur a permis d'entrer dans le système étudié, de faire les analogies qui s'imposaient. A ma grande surprise, aucun élève n'a semblé avoir eu de grosses difficultés d'abstraction, difficultés que j'avais anticipées puisqu'il n'est pas aisé en CMI de concevoir l'ensemble d'un système à l'intérieur duquel on se trouve. Cependant les élèves étaient bien conscients de ne manipuler que des représentations de la réalité : pour qualifier les boules de polystyrène représentant les astres, des élèves ont employé les termes de « fausse Lune » et de « fausse Terre ».

Lors de la séquence, les élèves ont pris part à des **modélisations collectives** conduites par le maître. Ces activités (séance 6) ont été complémentaires des manipulations faites en groupes. A cette occasion, j'ai pu mieux m'assurer de leur compréhension puisque ces activités se faisaient en classe entière. J'ai donc essayé de faire de la différenciation et d'insister sur les aspects les plus délicats. L'attention et la participation des élèves ont été très soutenues.

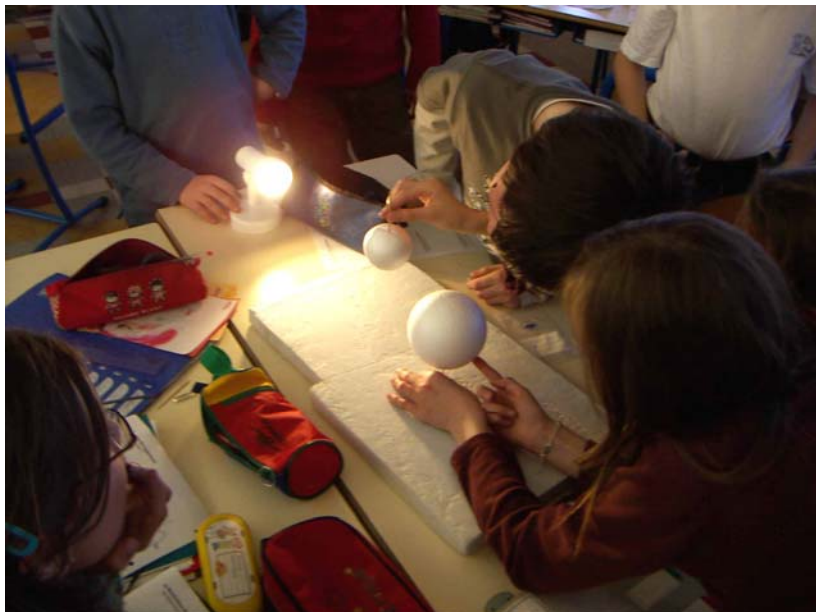
Modélisation collective (séance 6).

Le ballon peint en gris, qui représente la Lune, est éclairé par un projecteur de diapositives.

Chaque élève disposait d'un plan du dispositif [voir annexe 4]. Ils devaient reconnaître les phases de la Lune en dessinant l'aspect du ballon dans chacune des huit positions numérotées sur le plan.



Ces activités de modélisation, notamment celles imaginées puis réalisées en **groupes** (séances 4 et 5) ont aidé les élèves à prendre conscience qu'ils manipulaient des modèles présentant certaines limites (échelle des distances et des tailles, amplitude et durée des mouvements, etc.). Ces modèles ont été perçus comme une explication possible de la réalité et non comme la réalité elle-même.



Modélisation en groupes (séance 5).

Pour tester l'hypothèse « le soleil éclaire plus ou moins la Lune », le groupe n°3 a imaginé un dispositif utilisant des boules de polystyrène, un spot, des cure-dents et une plaque de polystyrène [voir leur feuille d'expérimentation en annexe 2].

Cette phase de manipulation en groupes semble avoir été la plus efficace dans la **construction du savoir des élèves**. C'est un moment qui a marqué les élèves, placés ainsi comme observateurs extérieurs d'un système sur lequel ils pouvaient agir. En effet, à la question 6 de l'évaluation finale [voir les copies d'élèves en annexe 3] une majorité d'élèves a schématisé le dispositif utilisé au cours de ce moment d'investigation.

- Les moyens d'appropriation des savoirs :

Je souhaitais que les élèves répondent à la question 6 de l'évaluation finale [annexe 3] en dessinant et en commentant une expérience permettant d'expliquer les phases de la Lune, en s'appuyant par exemple sur celles faites en classe. Je m'attendais à ce qu'ils reproduisent tous les modélisations faites en groupes, imaginées et réalisées par eux. Cependant d'autres expérimentations les ont également marqués :

6. En utilisant du matériel simple, quelle expérience peux-tu faire pour expliquer les différentes phases de la Lune ?

- 18 élèves (voir la feuille de Céline en annexe 3) ont dessiné la **manipulation faite en groupes** : un spot pour le Soleil, une grosse boule de polystyrène pour la Terre et une petite pour la Lune.
- 1 élève (Damien T.) a dessiné la **manipulation collective** : un ballon représentant la Lune et un projecteur de diapositives pour le Soleil.
- 1 élève (Laure) a dessiné la **simulation** : un élève représente la Terre, un spot simule le Soleil et la Lune est représentée par une boule de polystyrène.
- 2 élèves (dont Damien S.) ont reproduit la **maquette Géorama** utilisée durant la séance 7 : demi sphère lumineuse représentant le Soleil, mini globe terrestre et toute petite boule de polystyrène tournant autour de ce globe.

Pour répondre à la question 6, les élèves ont donc fait appel à **quatre phases bien distinctes de la séquence**, certains même ont fait un mélange de deux expériences pour en tirer de meilleurs résultats (un astre est représenté par un objet différent de celui employé en classe). Finalement, seuls 78 % des élèves ont reproduit la manipulation faite en groupes, montrant que **chacune des activités faites en classe semble avoir eu une importance** (variable suivant les élèves) **dans la construction de leur savoir**.

- La simulation sous forme de jeu de rôle :

Cette étape a suivi les phases de modélisation. Cette étape était conçue comme un approfondissement de la compréhension du système Terre/Lune/Soleil, mais aussi comme une remédiation. Il s'est avéré que certains élèves n'ont eu une bonne idée des phénomènes astronomiques qu'en se mettant eux-mêmes à la place des astres. Cette phase a donc eu un **impact sur deux catégories d'élèves** :

- Ceux ayant déjà bien assimilé les phases précédentes y ont vu un réinvestissement, un approfondissement, une confirmation et l'occasion d'une réutilisation du vocabulaire spécifique des phases de la Lune.
- Quelques élèves ayant eu des difficultés de représentation lors des séances précédentes ont eu un « déclic » lors de celle-ci, comprenant mieux les causes réelles des phases de la Lune.

Durant cette séance de simulation, les élèves disposaient d'une assez grande autonomie. Ils devaient simplement jouer tour à tour le rôle de la Terre, de la Lune et du Soleil. La correction entre pairs a bien fonctionné. Les élèves les plus avancés dans leur réflexion ont pu corriger les erreurs d'interprétation (confusion entre premier et dernier quartier par exemple) des autres membres du groupe. J'ai supervisé le travail des élèves mais mes interventions ont été peu nombreuses. Cette forme d'activité semble avoir été très profitable à tous.



Séance de simulation :

- L'élève de gauche joue le rôle du Soleil (il porte un spot).
- Celui de dos se met à la place de la Terre (il regarde la Lune).
- L'élève qui simule la Lune (elle porte une boule de polystyrène) tourne autour de ce dernier.
- Le groupe compte aussi deux observateurs (sur la droite de l'image).

- La synthèse des informations :

Cette étape était indispensable en fin de séquence. Même si, au cours des activités précédentes, les élèves avaient eu un comportement qui laissait penser qu'ils avaient compris l'explication des phases de la Lune, le passage à l'institutionnalisation devait leur fournir une vision globale du phénomène et poursuivre la construction de leur savoir. La première étape a été une **recherche documentaire**. J'ai sélectionné (pour leur intérêt, leur niveau de difficulté et leur

pertinence) des sources de deux types : des ouvrages sur l'astronomie et des sites web interactifs (ceux-ci montraient sous forme d'animations un cycle lunaire complet).

Je souhaitais que les élèves intègrent une vision schématique du phénomène, ce vers quoi ils se sont orientés naturellement. Cette séance a été très riche puisqu'ils ont rapproché leurs nouveaux acquis de documents scientifiques, permettant une appropriation de connaissances. Pour les sources informatiques comme sur papier, les élèves ont montré leur intérêt nouveau pour le sujet en prenant des notes sur les écrits de référence et en me sollicitant pour faire des photocopies de divers schémas et photos.

Au terme de la séance, la **trace écrite** a été élaborée collectivement. Les élèves ont ainsi pu me proposer les idées qu'ils jugeaient importantes de noter. L'ordre de priorité dans lequel ils m'ont donné les informations m'a semblé très pertinent. Nous nous sommes d'abord attachés à formuler précisément les causes des phases de la Lune avant de détailler les différents aspects de notre satellite au cours d'un cycle. En fin de séquence, chaque élève disposait donc d'une trace écrite (texte + schéma) d'une page expliquant les phases de la Lune.

c) Implication des élèves

→ Les observations :

Lors des dix premiers jours qui ont suivi la date prévue de début des observations, la météo a presque empêché toute observation, de jour comme de nuit. J'ai cependant pu noter une réelle volonté d'observer la Lune chez les élèves. Ils ont semble-t-il profité de la moindre éclaircie pour faire des observations. Cette assiduité a permis d'ancrer la séquence sur des bases solides, la place de l'expérimentation étant si importante en astronomie. Une fois la séquence lancée, la plupart des élèves ont profité de chaque occasion (notamment dans la cour de l'école) pour essayer d'apercevoir notre satellite.

→ Questions diverses pendant la séquence :

Dès la première séance, qui prévoyait notamment à faire un bilan de leurs observations, la curiosité des élèves s'est manifestée sous la forme de questions, d'abord sur la Lune, puis sur l'astronomie en général. J'ai pris le temps d'y répondre, de discuter de ces sujets avec eux, ainsi que plus tard, quand la situation s'est présentée de nouveau. Au fur et à mesure que l'on avançait dans la séquence, les élèves étaient de plus en plus curieux, mais aussi impatients d'être à la séance suivante, conscients d'être au cœur d'une démarche explicative dont ils souhaitaient connaître le dénouement. Les différentes formes d'activité semblent donc avoir suscité un grand intérêt chez les élèves, ceci favorisant certainement la construction de leur savoir.

→ Implication dans le travail de groupe pour tester une hypothèse :

Au cours de la séance 5, les élèves, placés en groupes hétérogènes, avaient pour objectif de tester une hypothèse qu'ils pensaient correcte pour expliquer les phases de la Lune. Chaque groupe, mais aussi et surtout chaque élève, a eu à cœur de tester l'hypothèse du mieux possible. Leur investissement a parfois été tel qu'ils n'étaient plus très objectifs à propos du résultat de leurs manipulations : certains ont en effet eu du mal à admettre que leur hypothèse n'expliquait pas les phases de la Lune. Quelques élèves se sont fortement identifiés à leur hypothèse, témoin de leur grande implication dans le projet.

→ Curiosité lors de la recherche documentaire :

Après les séances consacrées aux modélisations et à la simulation, la soif de connaissances des élèves à propos de la Lune s'est accrue. La confrontation avec des sources documentaires a été perçue comme une possibilité de comparer leurs savoirs récents à ceux de textes scientifiques

mais aussi d'accéder à des connaissances nouvelles. Cette phase a été particulièrement riche pour les élèves, dont la curiosité a été croissante. Plusieurs élèves m'ont confié le plaisir qu'ils avaient eu à participer à ces différentes activités, ceci expliquant en partie d'après moi les très bons résultats obtenus dans l'évaluation finale.

d) Difficultés rencontrées

→ Dépasser les représentations initiales :

Pour certains élèves, il a été assez difficile d'aller au-delà de leurs représentations initiales. J'ai pu constater qu'ils avaient une idée bien précise des phénomènes astronomiques avant de débiter la séance. Ces idées parfois très tenaces ont été peu à peu effacées de leur esprit au profit de connaissances élaborées ensemble. Pour un des élèves, plusieurs séances ont été nécessaires pour abandonner une idée fautive (la Lune a des phases car les nuages la cachent) : seule la modélisation est venue apporter une preuve irréfutable de l'impossibilité de ce phénomène.

Pour d'autres, s'ils ont admis que les résultats obtenus en classe allaient à l'encontre de leurs idées de départ donc les invalidaient, leurs conceptions initiales ont parfois ressurgi lors de la modélisation collective. Je les ai alors replacés au cœur de la démarche : « Lors de la séance précédente, qu'avons-nous montré à propos de cette hypothèse ? ». Les deux élèves en question se sont alors souvenu que leur hypothèse de départ n'était pas correcte et ont admis celle éprouvée en classe. Lors des situations pédagogiques suivantes, ils se sont appuyés sur l'hypothèse correcte et non plus sur leur idée première. La démarche du « faire avec pour aller contre » m'a semblé tout à fait adaptée, et il ne me paraît pas anormal que, chez certains élèves, elle nécessite plusieurs séances pour être pleinement efficace.

→ La représentation du système Terre/Lune/Soleil dans son ensemble :

Si la plupart des élèves n'ont pas réellement éprouvé de grosses difficultés d'abstraction, leur représentation du système Terre/Lune/Soleil n'était pas toujours correcte. Pour quelques élèves en difficulté, la séquence semble avoir abouti à l'appropriation de phénomènes isolés. Un des élèves a ainsi compris, et su réinvestir, la connaissance suivante : la Lune tourne autour de la Terre. Ceci est visiblement assimilé mais pas relié aux autres mouvements des astres, comme par exemple la course de la Terre autour du Soleil. Même si l'appropriation de ce dernier concept n'était pas spécifiquement visée dans la séquence, il est sous-jacent lorsqu'on envisage les relations entre les trois astres. Certains élèves n'ont ainsi assimilé le fonctionnement que d'une partie du système, ce qui semble normal en trois semaines. Le fait que nous n'ayons pas eu le temps d'aborder plus précisément les relations Terre / Soleil a pu rendre par moments la compréhension des élèves plus difficile. Ceci se retrouve d'ailleurs dans les résultats de l'évaluation de fin de séquence. Ces difficultés me semblent cependant assez inévitables compte tenu des contraintes (notamment temporelles) et doivent être nuancées par la bonne appropriation des savoirs visés par l'ensemble des élèves.

→ La représentation de la Lune depuis la Terre :

Au début de la séance de modélisation collective (séance 6), les élèves devaient représenter la Lune telle qu'elle est vue depuis la Terre dans huit positions différentes. Pour cela, ils disposaient d'un document à compléter (cercles en pointillés). J'ai constaté l'apparition de **deux interprétations**. Pour Marie [voir annexe 4], la Lune a été représentée dans l'absolu. Ce type de représentation est celui auquel je m'attendais. Les dessins de la Lune sont les 8 allures de notre satellite tels que chacun de nous peut les voir en observant simplement le ciel. Ils sont corrects pour le lecteur qui regarde la feuille telle quelle : on pourrait rajouter un horizon sous les dessins de Marie et on aurait l'aspect de la Lune dans le ciel vue de chez soi, jour après jour. En revanche, Maël [annexe 4] a représenté la Lune vue depuis la Terre par un observateur mobile qui se

placerait sur le cercle représentant la Terre, c'est-à-dire ayant son œil au centre de la feuille, et qui regarderait successivement dans la direction de chacune des 8 lunes. Pour voir telle ou telle phase de la Lune, il faut ainsi tourner la feuille de Maël pour mettre le cercle représentant la Terre en dessous de celui représentant la Lune. Les dessins sont là aussi corrects, mais avec un observateur « mobile ».

Je me suis aperçu de cette double interprétation de l'exercice demandé lors de la mise en commun et j'ai craint une confusion dans l'esprit des élèves. J'ai remédié à cette apparente contradiction en prenant le temps de faire une mise au point avec les élèves. Nous avons comparé ces deux représentations et vu qu'elles exprimaient une même réalité, bien que les dessins soient différents. Il s'agissait de deux points de vue différents mais corrects à condition qu'on explique de quelle manière on a colorié les cercles.

Cette difficulté était prévisible, le canevas que je leur avais proposé étant ambigu, tout comme la consigne. Si cette dernière était claire pour moi (dessine la Terre telle que tu la vois depuis la Terre), les élèves l'ont comprise de deux manières différentes, selon deux référentiels. Cet exemple montre la difficulté que chacun (et à plus forte raison un élève de CM1) peut avoir vis-à-vis d'un phénomène astronomique. Si le cadre n'est pas fixé avec précision, chacun peut interpréter les choses à sa manière. La situation a cependant été traitée par les élèves avec réussite : qu'ils aient adopté l'une ou l'autre des représentations du disque lunaire, leur raisonnement a été correct, ce qui est pour moi le plus important.

→ Précision des schémas et des formulations dans la feuille d'expérimentation :

Pour un certain nombre d'élèves, l'utilisation des feuilles d'expérimentation [annexe 2] a été complexe. J'ai constaté un manque de rigueur dans leurs schémas expérimentaux ainsi que dans leurs formulations, principalement dans les rubriques « résultat de l'expérience » et « exploitation des résultats ». Parfois une vision manichéenne apparaît : certains ont qualifié leur expérience de « mauvaise » [groupe 2], alors qu'elle montrait en réalité que leur hypothèse était incorrecte ; d'autres [groupes 3 et 4] ont qualifié leur hypothèse de « juste ». J'attribue cela à un manque d'habitude de rédaction de compte rendu, et non à une confusion dans l'esprit des élèves. En effet, en interrogeant ceux dont la rédaction était ambiguë, j'ai eu la confirmation qu'ils avaient compris le sens de leur expérimentation mais mal su le retranscrire. Cette compétence est en cours d'acquisition et devra être retravaillée par la suite chez ces élèves.

Pour remédier à cela, j'ai essayé d'observer les productions des élèves lorsqu'ils remplissaient leurs feuilles et de les questionner quand je sentais une confusion possible dans leur esprit. Je n'ai malheureusement pas pu m'assurer de la pertinence de toutes les formulations. C'est la raison pour laquelle plusieurs d'entre elles demeurent incorrectes, comme dans la feuille de Damien S [annexe 2, groupe 2] qui n'a pas formulé correctement l'hypothèse de son groupe (la Lune passe derrière le Soleil et est éclairée par ses rayons).

e) Evaluation de la séquence

Le tableau qui suit présente toutes les questions de l'évaluation finale et, dans la deuxième colonne, les réponses correspondantes des élèves (les copies complètes de quatre élèves sont présentées pour information dans l'annexe 3). A titre de comparaison, les résultats de l'évaluation de début de séquence apparaissent dans la colonne de droite. Les réponses correctes sont toujours notées en bleu.

	EVALUATION FINALE		EVALUATION DIAGNOSTIQUE	
1. Entoure les phrases qui sont vraies :				
La Terre tourne autour du Soleil	65 %	(15 élèves)	63 %	(12 élèves)
Le Soleil tourne autour de la Terre	17 %	(4 élèves)	37 %	(7 élèves)
La Lune tourne autour de la Terre	96 %	(22 élèves)	74%	(14 élèves)
La Terre tourne autour de la Lune	4 %	(1 élève)	16%	(3 élèves)
2. Classe ces trois astres du plus petit au plus grand : Terre - Soleil - Lune				
Lune - Soleil - Terre	13 %	(3 élèves)	32 %	(6 élèves)
Lune - Terre - Soleil	70 %	(16 élèves)	26 %	(5 élèves)
Terre - Lune - Soleil	13 %	(3 élèves)	26 %	(5 élèves)
Soleil - Lune - Terre ou Soleil - Terre - Lune	4 %	(1 élève)	16 %	(3 élèves)
3. Lequel de ces 2 astres est le plus loin de nous : le Soleil ou la Lune ?				
Le Soleil	78 %	(18 élèves)	68 %	(13 élèves)
La Lune	22 %	(5 élèves)	32 %	(6 élèves)
4. A quel(s) moment(s) de la journée peut-on voir la Lune dans le ciel ?				
Matin et soir	4 %	(1 élève)	26 %	(5 élèves)
Matin, soir et nuit	35 %	(8 élèves)	16 %	(3 élèves)
La nuit	4 %	(1 élève)	10 %	(2 élèves)
Matin, après-midi, soir et nuit	26 %	(6 élèves)	5 %	(1 élève)
A deux moments distincts (ex : « matin et nuit » ou « après-midi et soir »)	17 %	(4 élèves)	26 %	(5 élèves)
A un seul moment (ex : « le soir » ou « à 14h »)	13 %	(3 élèves)	16 %	(3 élèves)
5. La Lune a-t-elle toujours le même aspect quand tu l' observes dans le ciel ?				
L'aspect de la Lune varie	100 %	(23 élèves)	94 %	(18 élèves)
L'aspect est toujours le même	0 %	(0 élève)	6 %	(1 élève)
Sais-tu pourquoi ?				
Explication correcte et complète	26 %	(6 élèves)	5 %	(1 élève)
Explication correcte mais incomplète	61 %	(14 élèves)	15 %	(3 élèves)
Explication incorrecte	13 %	(3 élèves)	9 %	(2 élèves)
Je ne sais pas pourquoi	0 %	(0 élève)	71 %	(15 élèves)
6. Quelle expérience peux-tu faire pour expliquer les phases de la Lune ?				
Expérience et matériel corrects, bonne manipulation	65 %	(15 élèves)		
Expérience et matériel corrects mais mauvaise manipulation	35 %	(8 élèves)		
7. Nomme les phases de la Lune				
Les 7 phases sont nommées correctement	87 %	(20 élèves)		
6 des 7 phases sont nommées correctement	9 %	(2 élèves)		
5 des 7 phases sont nommées correctement	4 %	(1 élève)		

**Comparatif des résultats de l'évaluation diagnostique et de l'évaluation finale
(en bleu, les réponses correctes)**

Même si ces tableaux n'ont été construits qu'à partir de deux évaluations ponctuelles (et qu'il faille donc admettre qu'il y ait nécessairement un biais), ils n'en sont pas moins riches d'enseignements. On constate ainsi que les **mouvements** des astres sont mieux appréhendés par les élèves (question 1). Le mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil a peu été évoqué durant la séquence (par peur de brouiller les idées des élèves) mais on note une réponse correcte chez trois élèves supplémentaires. En revanche, la rotation de la Lune autour de la Terre est assimilée pour tous les élèves sauf un (étourderie ?).

Concernant la **taille relative des corps célestes** (question 2), le progrès est très net : trois fois plus d'élèves ont su les classer correctement. Ce résultat vient selon moi de l'imprégnation qui s'est produite lors des phases de manipulations avec des boules de polystyrène de différents diamètres.

Une certaine proportion d'élèves (un cinquième) continue à penser que la Lune est plus **distante** que le Soleil (question 3). Il est possible que cette conception erronée vienne d'une mauvaise lecture du schéma de synthèse sur la trace écrite. Sur celui-ci est représentée la Terre entourée de huit lunes éclairées par un Soleil gros et en bordure de la feuille. Le fait de ne pas avoir représenté le Soleil en entier sur ce schéma de synthèse a peut-être créé une confusion chez ces élèves.

Entre l'évaluation diagnostique et l'évaluation de fin de séquence, on note aussi une prise de conscience des élèves sur la **multitude d'heures** auxquelles la Lune peut être visible (question 4). La grande majorité a saisi ceci mais il demeure d'après moi une confusion lexicale. Les termes « matin », « après-midi », « soir », « nuit », « journée » et « jour » n'ont pas été définis clairement en classe, ce qui est un tort. Si la plupart des élèves semblent avoir compris qu'au cours d'un cycle, la Lune peut potentiellement être observée à tout moment, la confusion entre ces termes dans leur esprit (et peut-être le libellé de la question) ont conduit à des réponses incomplètes.

Concernant le fait que la **Lune ne présente pas toujours le même aspect** (question 5), l'adhésion est totale, heureusement ! Si un élève avait encore un doute sur cette question à l'issue des observations, il n'en a plus à l'issue de la séquence. J'ai pu constater à plusieurs reprises durant la séquence que cette connaissance avait bien été assimilée par les élèves.

Concernant **l'explication des phases de la Lune**, les trois quarts des élèves n'avaient aucune explication à proposer en début de séquence. Lors de l'évaluation finale, aucun élève n'est resté sans opinion sur le sujet. Si un seul un élève avait une réponse précise et correcte en début de séquence, un quart des élèves l'avaient en fin de séquence. Cependant, on voit que, si les élèves avancent des explications souvent justes (20 élèves au total), 14 d'entre eux n'ont pas une vision complète et synthétique du sujet (réponses incomplètes). Ceci démontre que les connaissances restent fragiles et que seuls 6 élèves ont le recul nécessaire pour appréhender correctement un phénomène qui est tout de même, rappelons-le, particulièrement complexe à expliquer clairement et entièrement. Le fait que 20 élèves sur 23 avancent une explication correcte, même si elle est souvent incomplète, me semble témoin d'une certaine efficacité de la séquence.

Quand on demande aux élèves **d'imaginer ou de se souvenir d'une expérience** permettant de montrer que la Lune présente des phases (question 6), ils sont **tous** capables de produire un schéma correct et légendé. Cette réussite s'accompagne de celle du type de connaissance mobilisée, puisque, rappelons-le, pour répondre à cette question, les élèves ont dessiné plusieurs manipulations faites en classe : celle faite en groupes ou la manipulation collective ou la simulation ou même reproduit la maquette utilisée en séance 7, ce qui montre que chacune de ces phases semble avoir eu une importance (variable selon les élèves) sur la construction de leur compréhension du phénomène des phases de la Lune. Par ailleurs, si la

plupart des élèves se souviennent des dispositifs expérimentaux mis en place en classe, il demeure tout de même chez 8 d'entre eux une certaine incertitude voire fausseté dans les manipulations qu'ils proposent à partir de ces dispositifs.

Enfin, le **vocabulaire spécifique des phases de la Lune** (question 7) est particulièrement bien intégré par les élèves, un seul ayant fait une inversion entre premier et dernier quartier et deux ayant oublié le terme « gibbeuse ».

J'ai donc pu constater qu'à l'issue de cette séquence, ces savoirs mais aussi ces savoir-faire avaient dans l'ensemble été intégrés de manière satisfaisante par les élèves. De plus, au-delà de ces compétences, un impressionnant changement dans l'attitude des élèves s'est produit entre le début et la fin de la séquence. De leur manque de curiosité et d'intérêt pour le sujet manifesté à mon arrivée se sont petit à petit substitués l'enthousiasme et la curiosité. Le projet que j'ai mis en place a peu à peu pris du sens pour les élèves qui sont entrés dans cette démarche scientifique. C'est à cet égard-là aussi que se mesure l'impact de la séquence. Même si les acquis de la séquence auront besoin d'être retravaillés par les élèves au fil des ans, leur adhésion à ce projet astronomique s'avère particulièrement positive.

f) Compétences développées

Les compétences visées sur l'ensemble de la séquence sont nombreuses (de deux à sept compétences selon les séances) et relèvent de plusieurs catégories :

Compétences notionnelles principales :

- Savoir que le Soleil éclaire la Lune (compétence visée lors des séances 4, 5, 6, 7, 8 et 9)
- Savoir que la Lune tourne autour de la Terre (séances 6, 7, 8 et 9).

Savoir-faire principaux :

- Etre capable d'examiner différentes hypothèses destinées à expliquer les phases de la Lune (séance 3)
- A partir d'une modélisation matérielle élémentaire du système Terre-Lune, être capable d'examiner une hypothèse destinée à expliquer les phases de la Lune (séance 5)
- Etre capable de constater qu'un objet opaque éclairé par une source de lumière présente une partie lumineuse et une partie sombre (séance 6)
- Etre capable de déterminer dans quelles positions l'observateur peut voir la source qui l'éclaire (séances 6 et 7)
- Etre capable de se repérer dans l'espace (séances 6, 7 et 8).

Compétences transversales des sciences expérimentales :

- Etre capable d'observer et de représenter la Lune de manière rigoureuse (séance 1)
- Etre capable de poser des questions précises et cohérentes à propos d'une situation d'observation ou d'expérience (séances 2 et 4)
- Etre capable d'imaginer un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose, en s'appuyant sur des observations (séances 4 et 5)
- Etre capable de rédiger un compte rendu intégrant schéma d'expérience ou dessin d'observation (séance 5)
- Etre capable d'utiliser correctement du matériel afin de tester une hypothèse scientifique (séance 5)

- Etre capable de réaliser un dessin d'observation d'une expérience faite en classe (séance 6)
- Etre capable de mettre en relation des données, en faire une représentation schématique et les interpréter (séance 6)
- Etre capable de mettre en relation des observations réalisées en classe et des savoirs que l'on trouve dans une documentation (séance 8).

Compétences relevant du « parler, lire, écrire » :

- Etre capable de formuler des hypothèses pertinentes (séance 2)
- Etre capable de connaître et utiliser le vocabulaire spécifique des sciences, et plus particulièrement celui relatif aux phases de la Lune (séances 3, 5, 6, 7, 8 et 9)
- Etre capable de participer activement à un débat argumenté pour élaborer des connaissances scientifiques en respectant les contraintes : raisonnement rigoureux, examen critique des faits constatés, précision des formulations, etc. (séances 4 et 8)
- Etre capable d'exposer au reste de la classe un travail fait par son groupe (séance 4)
- Etre capable de participer activement à un travail de recherche par équipes (séances 4 et 5)
- Etre capable de prendre des notes lors d'une observation, d'une expérience (séances 5 et 6)
- Etre capable de lire et comprendre un ouvrage documentaire, de niveau adapté (séance 8)
- Etre capable de rédiger, avec l'aide du maître, un texte à statut scientifique (séance 8).

Compétences générales :

- Etre capable de mobiliser ses connaissances antérieures en astronomie (séance 1)
- Etre capable de comparer l'intérêt d'une consultation sur supports numériques et sur d'autres supports (encyclopédies écrites, ouvrages documentaires) (séance 9)
- Etre capable de mobiliser ses connaissances et ses savoir-faire en astronomie (séance 9).

Parmi toutes les compétences pouvant être potentiellement développées chez l'élève grâce à l'astronomie (listées dans le chapitre 4 de la partie théorique), pas moins de **26 ont pu l'être au cours de cette séquence**. Notons que certaines des compétences listées ci-dessus, très générales ou à l'inverse très précises, se rajoutent à la liste théorique.

Si les compétences notionnelles travaillées durant cette séquence sont réduites, les compétences transversales ou relevant du « parler, lire, écrire » sont, elles, beaucoup plus nombreuses : cette séquence sur les phases de la Lune a donc mis l'accent sur ce type de capacités.

Il existe par ailleurs des compétences travaillées prioritairement puisque visées au cours de plusieurs séances, comme « être capable de connaître et utiliser le vocabulaire spécifique des sciences, et plus particulièrement celui relatif aux phases de la Lune » (visée spécifiquement lors de six séances).

Les résultats de l'évaluation finale montrent clairement l'acquisition de compétences notionnelles, mais également plus transversales comme « être capable d'imaginer un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose » ou « être capable d'utiliser le vocabulaire relatif aux phases de la Lune. » De plus, le comportement des élèves - que j'ai soigneusement observé au cours des différentes séances - m'indique que **l'essentiel des vingt-six compétences listées ci-dessus ont été sinon atteintes, du moins travaillées efficacement**.

Parmi tous les savoir-faire visés au cours de la séquence, un grand nombre d'entre eux (observer, manipuler, émettre une hypothèse, faire un schéma, commenter un résultat, ...) sont des compétences transversales qui pourront être réinvesties ultérieurement dans d'autres disciplines.

A l'issue de cette étude, j'ai été conforté dans mon approche de l'enseignement scientifique par les progrès observés dans le mode d'appropriation d'une connaissance par les élèves, ainsi que par leur attitude face à un phénomène contribuant à la **formation de leur esprit scientifique**.

CONCLUSION

Quel intérêt l'astronomie présente-t-elle à l'école primaire ? Le sujet mérite-t-il qu'on s'y attarde au Cycle 3 ? De quelle manière l'aborder ? Cette discipline si peu appréciée des professeurs des écoles peut-elle développer des compétences importantes chez les élèves ?

A ces interrogations, nous avons modestement pu apporter quelques éléments de réponse. Dans le cadre du travail que j'ai réalisé, les élèves sont parvenus à construire leurs savoirs grâce à de multiples formes d'activités complémentaires : observations, modélisations par groupes ou collectives, simulation ou encore recherche documentaire. Celles-ci se sont inscrites dans le cadre d'une véritable **démarche d'investigation**, conforme aux principes de « La main à la pâte », qui a notamment pu montrer des résultats lors de l'évaluation de fin de séquence.

Un des enseignements les plus importants pour moi a été de constater que les élèves ont **mobilisé divers moyens d'appropriation des savoirs**. Lors de l'évaluation, tous ne se sont pas appuyés sur le même dispositif expérimental pour expliquer les phases de la Lune. De plus, au cours de cette séquence, les élèves, à partir de leur questionnement initial, ont été amenés à remettre en cause leurs conceptions pour construire leurs savoirs au moyen de la démarche scientifique dans laquelle ils se sont investis.

D'une manière générale, concernant l'enseignement de l'astronomie à l'école, le fait de **placer l'élève au cœur de ses apprentissages** est fondamental. Les activités seront d'autant mieux assimilées par les élèves qu'elles leur permettent de répondre à une question qu'ils se seront posée.

Grâce à des formes d'activités très variées, l'astronomie peut développer, outre des savoirs, de **nombreuses compétences**. Ces dernières sont de plusieurs types - compétences spécifiques, transversales ou relevant du « parler, lire, écrire » - et sont développées grâce à la mise en place d'une démarche d'investigation.

Une telle séquence d'astronomie ne semble cependant montrer son efficacité qu'avec un grand investissement de la part du maître comme des élèves. Il convient donc pour l'enseignant de construire ses séquences avec soin et d'avoir un certain recul vis-à-vis des savoirs concernés. La démarche décrite ici est certes coûteuse en temps et en énergie, mais elle permet aux élèves d'accéder à de nombreux savoir-faire pouvant être réinvestis dans d'autres disciplines, et de contribuer au développement de leur esprit scientifique. Pour toutes ces raisons, il me semble donc tout à fait pertinent d'encourager la mise en place de séquences d'astronomie s'appuyant sur cette démarche d'investigation en Cycle 3.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

ASTOLFI J.-P., PETERFALVI B. et VERIN A. **Comment les enfants apprennent les sciences.** Retz. 1998.

DEFER, J. et THIERRY, V. **L'astronomie au cycle des approfondissements.** Armand Colin. 1994.

GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. **L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ?** Z'édicions. 1994.

GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. **Les origines du savoir - des conceptions des apprenants aux conceptions scientifiques.** Delachaux et Niestlé. 1994.

GIORDAN, A., GUICHARD F. et GUICHARD, J. **Des idées pour apprendre.** Z'édicions. 1997.

HARTMAN, M. **L'astronomie est un jeu d'enfant.** Editions Le Pommier. 1999.

Articles :

DROUIN, A.-M., « Le Modèle en questions ». **ASTER** 1988 n°7 Modèles et modélisation. p. 1-7.

MERLE, H. « Comment aider à modéliser "Le ciel et la Terre" ». **ASTER** 2000 n°31 Les sciences de 2 à 10 ans. p. 37-54.

PIERRARD, M.-A., « Modélisation et astronomie ». **ASTER** 1988 n°7 Modèles et modélisation. p. 91-102

PIERRARD, M.-A., « Modéliser à l'école élémentaire ? ». **ASTER** 1988 n°7 Modèles et modélisation. p. 49-51

Textes officiels :

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE) **Enseigner les sciences à l'école primaire.** 2001.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE **Qu'apprend-on à l'école élémentaire ?** 2005.

MINISTERE DE LA JEUNESSE, DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE **Documents d'accompagnement des programmes - Enseigner les sciences à l'école, Cycle 3.** C.N.D.P. 2002.

MINISTERE DE LA JEUNESSE, DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE **Documents d'application des programmes Sciences et technologie Cycle des approfondissements.** C.N.D.P. 2002.

Site internet :

La main à la pâte : http://www.lamap.fr/?Page_Id=2

ANNEXE 1 :

GRILLES D'OBSERVATIONS PERSONNELLES

DE QUELQUES ELEVES

(COMPLETEES AVANT - ET PENDANT- LA SEQUENCE)

ANNEXE 2 :

FEUILLES D'EXPERIMENTATION UTILISEES

DURANT LES SEANCES 4 ET 5

(UNE FEUILLE RECTO VERSO POUR

CHACUN DES 5 GROUPES)

ANNEXE 3 :

QUELQUES EVALUATIONS FINALES

ANNEXE 4 :

**DEUX EXEMPLES DE DISPOSITIFS
(UTILISES PENDANT LA SEANCE 7)
REPLIS PAR DES ELEVES**

A l'heure actuelle, l'astronomie est peu enseignée dans les écoles, en dépit de sa place dans les Programmes Officiels du Cycle 3. Au premier abord, il peut sembler difficile de l'appréhender comme les autres disciplines scientifiques, toute expérimentation sur le réel étant exclue.

L'astronomie nécessite de mettre en œuvre une démarche d'investigation diversifiée s'appuyant sur des formes d'activités complémentaires : observations, modélisations, simulation ou encore recherche documentaire.

La séquence mise en place ici, qui porte sur l'étude des phases de la Lune, s'inscrit dans ce cadre. Elle a notamment permis aux élèves de développer des compétences spécifiques, transversales ou relevant du « parler, lire, écrire » grâce à la mise en place d'une démarche particulière.