



HAL
open science

Grandeurs et distances en astronomie dans les manuels scolaires

Catherine Marczyszyn

► **To cite this version:**

Catherine Marczyszyn. Grandeurs et distances en astronomie dans les manuels scolaires. Education. 2012. dumas-00735204

HAL Id: dumas-00735204

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00735204>

Submitted on 25 Sep 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**MASTER 2 SMEEF
SPÉCIALITÉ « PROFESSORAT DES ÉCOLES »
ANNÉE 2011/2012
SEMESTRE 4**

INITIATION À LA RECHERCHE

MÉMOIRE

**NOM ET PRÉNOM DE L'ÉTUDIANT : MARCZYSZYN CATHERINE
SITE DE FORMATION : IUFM ARRAS
SECTION : Master 2, groupe 1**

**Intitulé du séminaire de recherche : Didactiques des sciences et de la technologie
Intitulé du sujet de mémoire : Grandeurs et distances en astronomie dans les manuels scolaires
Nom et prénom du directeur de mémoire : DUFLOT Sébastien**

Direction

365 bis rue Jules Guesde
BP 50458
59658 Villeneuve d'Ascq cedex
Tel : 03 20 79 86 00
Fax : 03 20 79 86 01
Site web : www.lille.iufm.fr

Résumé :

L'entrée de l'astronomie dans les programmes de l'école primaire est une affaire récente. Depuis les années 1980, malgré le soutien de communautés d'astronomes et d'enseignants souhaitant promouvoir ce domaine, l'enseignement de l'astronomie serait pourtant délaissé par certains enseignants mal formés sur le sujet, au profit de l'utilisation unique de manuels scolaires de sciences. Entre l'étude de débats scientifiques dans l'histoire de l'astronomie et des mécanismes célestes observables sur Terre, une des caractéristiques de l'astronomie est celle de l'approche des échelles de l'infiniment grand. Avant de se pencher sur les mécanismes d'appropriation des savoirs par l'élève, il est intéressant d'observer quelle est la place des grandeurs et des distances à travers les sujets d'astronomie traités dans les manuels scolaires.

Mots-clés :

Astronomie ; grandeurs ; distances ; manuels scolaires ; modélisation

SOMMAIRE

Sommaire	Page 1
Introduction	Page 2
Repères théoriques	Page 6
A- La didactique des sciences, un enjeu triangulaire	Page 6
B- Une approche historique de l'enseignement de l'astronomie en France, à l'école élémentaire	Page 9
1- Naissance et évolution de l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire	Page 9
2- Ce que disent les programmes de 2008	Page 11
C- Une approche épistémologique	Page 14
1- La représentation du réel	Page 14
2- Modélisation en sciences	Page 14
D- Réflexion sur les manuels scolaires et leur utilisation en sciences	Page 18
Problématique	Page 21
Méthodologie de recherche	Page 24
A- Documentation approfondie et recueil de données	Page 24
B- Traitement analyse des données	Page 29
C- Bilan	Page 31
Conclusion	Page 32

Introduction

Mes affinités avec le monde scientifique et mon vœu de devenir professeur des écoles ont naturellement orienté l'objet d'étude de mon mémoire vers un axe didactique dans le domaine des sciences. Après avoir fait partie des apprenants apprentis-scientifiques jusqu'en dernière année de licence en Sciences de la Vie et de la Terre, je me retrouve en Master SMEEF spécialité professorat des écoles, à explorer les aspects sous-jacents de la démarche scientifique, prenant en compte toutes les composantes du ¹triangle didactique. Mais, malgré l'étude exhaustive des sciences pendant mes études, un domaine qui m'est cher ne faisait pas partie des enseignements : l'astronomie. Ce choix de domaine de recherche découle naturellement de l'intérêt que je porte personnellement sur le sujet et également de ma volonté de le partager avec des élèves au travers d'une future pratique enseignante. Je m'étais interrogée au départ sur les réelles difficultés que j'ai eues à comprendre certaines notions au sujet de l'astronomie dans mon enfance...

Mon expérience personnelle m'a ainsi guidée dans ma réflexion de départ. Très jeune, une étoile était pour moi, un point brillant dans le ciel de la nuit, la plupart d'entre elles restaient fixes, certaines bougeaient lentement et d'autres, très rarement, traçaient rapidement dans le ciel des traînées brillantes qui disparaissaient aussitôt. Je devais me contenter de la brève explication de mon entourage, que ces points étaient des étoiles, des planètes, des satellites, etc... et qu'ils n'avaient pas la même taille, ce qui me paraissait être une aberration puisque je voyais bien qu'ils étaient tous des points ! Il me semble avoir essayé, à cette époque, de plisser les yeux afin de déceler une quelconque différence de taille... en vain. Puis il y a eu l'école primaire et la maquette du système solaire : « comment se fait-il que je ne vois pas de planètes dans le ciel, alors que sur la maquette elles sont apparemment à peu près de la même taille que la Terre et tellement proches d'elle? », je me suis imaginé des planètes plus grosses que les étoiles... A cela se sont ajoutés : la lune, qui n'est pas une planète ; le fait que le soleil soit une étoile et les étoiles filantes des cailloux ! Il est vrai qu'en regardant la voûte céleste, on ne peut faire, sans connaissances préalables, de différence entre un point qui brille et un autre. Les objets du

¹ Le triangle didactique, tel qu'il est décrit en pages 6 et 8, dont les composantes sont définies d'après Jean-Louis Martinand, chercheur français en sciences de l'éducation, dans son article « Quelques remarques sur les didactiques de disciplines », issu de la revue *Les sciences de l'éducation*, CERSE, 1987.

ciel semblent être disposés dans la nuit comme un motif de tapisserie, on ne peut se rendre compte des distances énormes qui les séparent, et leur nombre dans le ciel n'arrange pas les choses ! Comment faire pour démystifier l'approche de l'astronomie de l'enfant? C'est à l'école primaire que cela prend forme, et plus précisément à partir du cycle 3, à travers une démarche scientifique, comme tout apprentissage des sciences à l'école. Je me suis alors demandé **comment étaient abordées les grandeurs et les distances dans l'enseignement de l'astronomie à l'école.**

A partir de cette question de départ, je me suis penchée sur les recherches déjà effectuées en didactique des sciences, notamment en ce qui concerne l'astronomie, afin d'élaborer la trame conceptuelle qui se dégage de mon objet d'étude. Il était nécessaire de faire l'état de tous les aspects qui recouvrent le sujet, afin de cibler ma problématique et d'orienter mes recherches.

Un premier corpus d'articles scientifiques concernant le sujet m'ont permis d'établir cette trame conceptuelle. Après quelques lectures hasardeuses, mon attention s'est tournée vers l'article scientifique « Analyse des conceptions en astronomie de futurs professeurs d'école » de Valérie Frede et Patrice Venturini (2006). Ces derniers parlent d'un enseignement approximatif de l'astronomie par des enseignants généralement issus des filières littéraires et linguistiques, lié à des représentations erronées sur le sujet qui se révèlent être non scientifiques. Le seul point d'ancrage à un enseignement « correct » serait alors pour eux l'utilisation de manuels scolaires mis à leur disposition. Qu'en est-il de la pertinence de ce support ? Est-ce que seul, il peut palier les compétences déficitaires des professeurs, et à terme, celles des élèves? En ce qui concerne l'intérêt que je porte sur les recherches concernant les grandeurs et des distances, il serait intéressant de faire l'état de ce qu'apportent les manuels scolaires sur le sujet. Frede et Venturini parlent même d'activité ludique mêlant arts plastiques et sciences, ce qui paraît être un déni des réels savoirs à acquérir en astronomie. Si la construction des savoirs n'est pas pertinente dans un domaine, elle se résume alors à la persistance de représentations initiales, telles que Frede et Venturini l'ont observé chez ces jeunes enseignants en astronomie, dont la formation initiale pourtant, intégrait un enseignement du sujet tel qu'on le retrouve à l'école élémentaire. Il est clair que l'astronomie est un domaine complexe et qu'un enseignement

dispensé, aussi peu maîtrisé soit-il, peut laisser passer, voire même renforcer, les représentations initiales sur le sujet.

En ce qui concerne l'enseignement de l'astronomie, l'article « Modélisation et astronomie » de Marie-Anne PIERRARD (1988), présente, comme l'annonce le titre, une construction des savoirs en astronomie par la modélisation. Utilisé de manière privilégiée dans l'enseignement de l'astronomie à l'école, selon Marie-Anne PIERRARD le choix du modèle se doit d'être méticuleusement réfléchi. Suite à des observations de l'utilisation du modèle balle-lampe (maquette du système Terre-Soleil) par des élèves, elle fait l'état de ce qui fait la spécificité de l'utilisation d'un modèle en astronomie : l'analogie avec l'objet réel (relations topologiques : sphéricité des objets, et relations physiques : la source de lumière), la possibilité pour l'élève de se décentrer et d'avoir un regard extérieur, le fait qu'il puisse manipuler le modèle (et dans ce cas de maîtriser des paramètres). Cependant, elle évoque la nécessité de choisir soigneusement le modèle, puisque forcément des caractéristiques et propriétés de la réalité ne peuvent pas être reproduites, telles que les forces gravitationnelles par exemple.

A travers les thèmes des échelles astronomiques et de la modélisation, c'est en effet la notion du rapport au réel qui transparait. Les grandeurs de l'objet d'étude rendent nécessaire la modélisation à cause du degré d'abstraction qui en découle. L'observation des phénomènes astronomiques à notre niveau explique ainsi le fait que la théorie du géocentrisme ait longtemps été admise. Il est intéressant sur ce point, de voir en effet quels sont les mécanismes de pensée du jeune apprenant, admettant que la construction de son savoir en sciences, suit le parcours historique des sciences. C'est d'autant plus vrai dans la compréhension des phénomènes astronomiques. A noter que l'histoire des sciences astronomiques est largement corrélée par celle des mathématiques.

Cette trame conceptuelle se limite à mon thème de départ. Elle prend en compte les aspects qui me semblent essentiels de définir avant de finaliser ma problématique et d'aborder mes recherches.

Ma première partie est consacrée à la définition des notions que j'ai pris soin de sélectionner, et à l'apport de recherches scientifiques de base dans le domaine. De ces apports théoriques, je mets à plat mon questionnement sous forme problématisée afin d'éclaircir mes pistes de recherche.

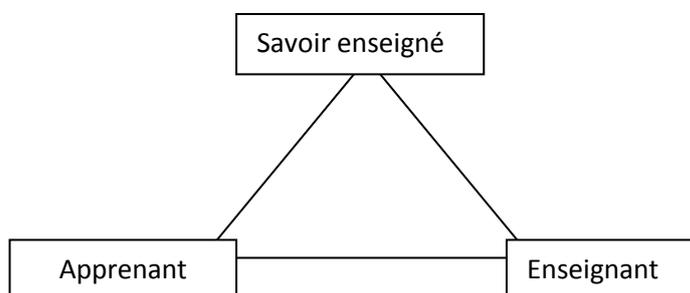
Dans ma deuxième partie, je propose alors de développer ma méthodologie de recherche, de manière structurée, me basant sur mes références théoriques. Je tenterai de faire le bilan de mes recherches : ce qu'elles ont pu apporter à mon questionnement de départ et en quoi elles ont pu l'avancer, voire même en quoi elles peuvent être une amorce à d'autres recherches dans le domaine de la didactique de l'astronomie.

Repères théoriques

Comme il est présenté dans l'introduction, les concepts qui recouvrent l'enseignement de l'astronomie sont divers et variés, et rendent compte de la complexité de mon objet d'étude. Je m'en suis aperçue en établissant cette trame conceptuelle. La diversité des approches possibles m'a poussée à regrouper les différents concepts dans le triangle didactique. Il m'est nécessaire de définir et d'utiliser ce modèle dans cette partie car cet outil me permet d'orienter mes recherches. En effet, je me suis rendue compte que je ne pouvais pas traiter de toutes les implications concernant l'enseignement de l'astronomie au cycle 3. Pourtant, les grandeurs et les distances qui semblent n'être qu'un aspect de mon objet d'étude, n'en réduisent pas pour autant les axes possibles de recherche.

A- La didactique des sciences, un enjeu triangulaire

Le triangle didactique se définit comme étant un système qui relie savoir, maître et élève, ces trois pôles qui représentent chacun un domaine de recherche.



On ne peut ignorer ces trois pôles, qui par définition représentent la didactique proprement dite. Avant de situer les différents aspects évoqués dans mon introduction, et de les éclaircir, il est nécessaire de définir ces trois pôles. Je me suis référée pour cela à l'ouvrage « Mots-clés de la didactique des sciences, repères, définitions, bibliographies », par Jean-Pierre Astolfi et al., De Boeck Université, Pratiques pédagogiques, 1997, pages 71-72. Dans le domaine des sciences, Jean-Louis Martinand, chercheur français en

sciences de l'éducation, propose une définition de ce ²triangle didactique. En effet, on peut distinguer trois secteurs, qui sont des outils d'analyse, tels que :

- Le secteur de l'élaboration des contenus, dans lequel se situent le registre épistémologique et la structure conceptuelle du domaine. Ce sont les savoirs à partir desquels découlent la prise en compte du niveau de fonctionnement de la pensée de l'élève et les types de situations didactiques.
- Le secteur des stratégies d'appropriation de l'élève, basées sur les psychologies de l'apprentissage : dans ce secteur, il est question de savoir dans quelles mesures les élèves sont-ils capables de s'approprier les contenus qui leurs sont dévolus.
- Le secteur des interactions didactiques, avec toutes les 'coutumes' didactiques, les aides didactiques, et toutes les démarches possibles pour amener le savoir à enseigner : il correspond au registre pédagogique.

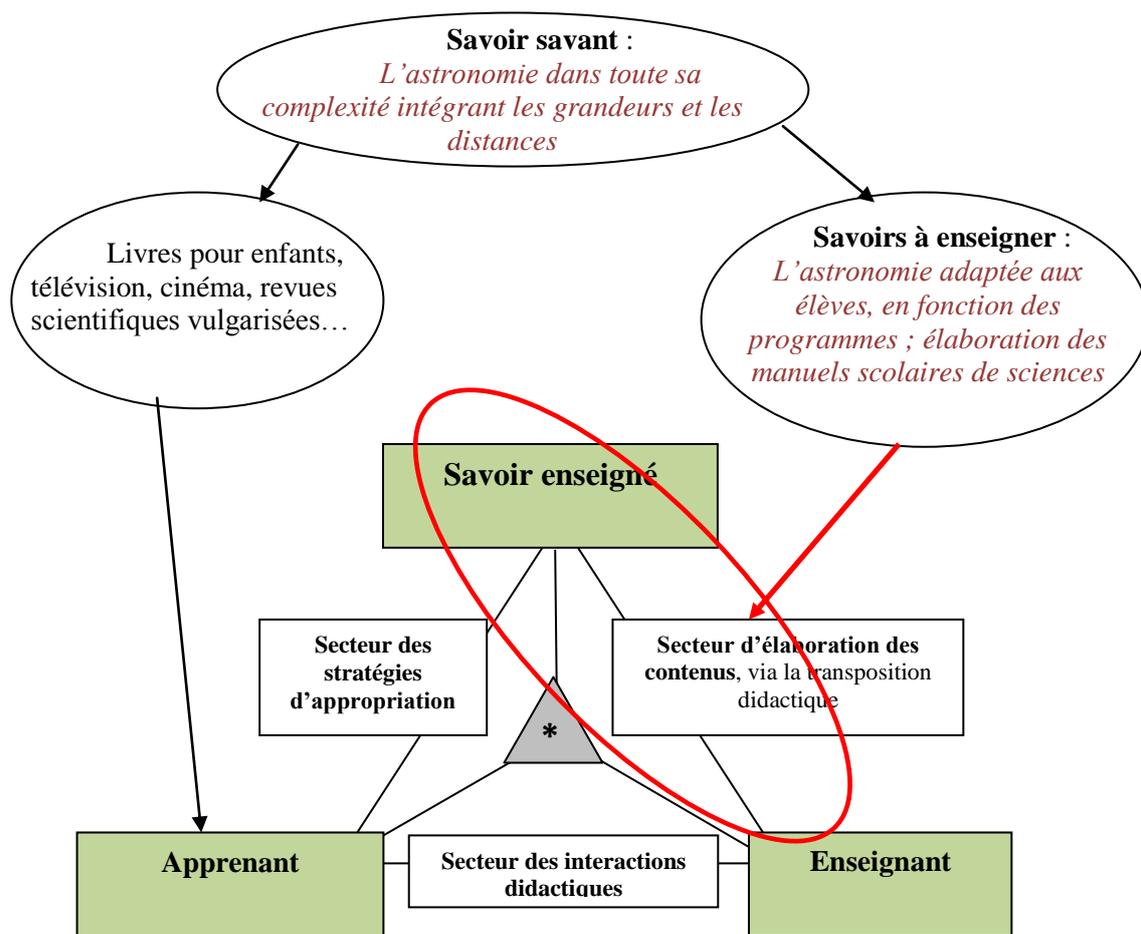
Tous les pôles convergent vers un point central, spécifique à la construction des situations didactiques. Il se caractérise plus par la dévolution du problème que par la transmission du savoir. On reconnaît ici la démarche d'investigation qui est induite par l'enseignant, mais reconnue par l'élève et acceptée. Dans cette phase, la responsabilité du maître et celle de l'élève se complètent et se caractérise par le '**contrat didactique**'.

Le pôle que je souhaite développer prend en compte la dimension des savoirs à véhiculer, le savoir à enseigner qui n'existe bien que par la considération de l'apprenant. Il est essentiel d'étudier cette première entrée, c'est-à-dire de faire le point sur le statut des grandeurs et des distances avant toute réflexion sur les interactions qu'elles peuvent avoir sur les élèves (représentations, obstacles...). Bien entendu, si ces concepts sont totalement absents dans la transmission de savoirs en astronomie, à quoi bon étudier les stratégies d'appropriation chez l'élève. En effet, les programmes ouvrent la porte de la transposition didactique, établis par la noosphère (qui regroupe les pédagogues, didacticiens et professionnels de l'Education Nationale). Les manuels scolaires sont élaborés en fonction

² Il s'agit de la définition des pôles du triangle didactique, dans le domaine de l'enseignement des sciences, par Jean-Louis Martinand, issu de son article « Quelques remarques sur les didactiques de disciplines », *Les sciences de l'éducation*, CERSE, 1987.

de ces programmes, prenant en compte la démarche d'investigation. Ce savoir qui est enseigné devient alors le savoir acquis par l'élève, si l'on considère que l'élève est acteur de ses apprentissages. Il est nécessaire de bien faire la distinction entre apprentissage et enseignement, et de savoir que l'un n'est pas sans l'autre, et que les deux mécanismes qui lient l'enseignant et l'élève, n'existent qu'à travers le savoir transposé.

Qu'en est-il alors de la place des grandeurs et des distances en astronomie dans le triangle didactique ?



*Construction des situations didactiques

Le cercle rouge du triangle didactique montre le domaine qui m'est inconnu à ce stade de mes recherches, en ce qui concerne la place des grandeurs et des distances en astronomie. Mais, il serait intéressant de voir quelle est la place de l'enseignement de l'astronomie d'un point de vue historique.

B- Une approche historique de l'enseignement de l'astronomie en France, à l'école élémentaire

1- Naissance et évolution de l'enseignement de l'astronomie à l'école élémentaire

Il convient de débiter cet historique de l'enseignement de l'astronomie à partir de l'introduction de la didactique des sciences dont les questions d'enseignement des mathématiques en ont fortement influencé le développement. C'est ainsi au XXème siècle et plus précisément à partir des années 1970 que l'on accorde de l'importance à la place de l'élève dans les apprentissages, ne le percevant plus alors comme simple destinataire passif. Prend naissance alors le triangle didactique, décrit ci-dessus.

L'introduction de l'astronomie dans les programmes scolaires est à l'origine, une demande générale, d'enseignants souhaitant mieux communiquer ce domaine à leurs élèves. En effet, dans les années 70, on relève l'appel de nombreux enseignants dans les écoles afin de travailler sur l'astronomie avec leurs élèves. Une communauté d'enseignants et d'astronomes professionnels s'est ainsi formée, pour discuter de l'importance qu'un tel enseignement pouvait avoir à l'échelle nationale. C'est ce que décrit Lucienne GOUGUENHEIM, dans son article « Enseigner l'astronomie : l'expérience de 25 ans d'activité du comité de liaison enseignants et astronomes (CLEA) » (2003). En effet, cette collaboration entre enseignants soucieux de promulguer l'astronomie comme sciences à part, domaine propre à l'élaboration de compétences transversales, et astronomes professionnels désirant développer l'intérêt de l'astronomie à travers un enseignement spécifique, a donné lieu à la formation du CLEA, Comité de Liaison Enseignants-Astronomes en 1976. Ce contexte a donné naissance à l'élaboration de documents à but pédagogiques faisant office de références théoriques et didactiques en la matière en trente ans d'existence. L'objectif du CLEA étant d'encourager l'enseignement de l'astronomie dans le milieu scolaire (de la Maternelle à l'Université), et d'apporter des outils indispensables à la formation des maitres, il n'a été qu'un vecteur de l'introduction de l'astronomie dans les programmes. En effet, l'évolution du CLEA s'est poursuivie par l'importance des thèmes en astronomie dans les programmes et par le nombre croissant de professeurs formés.

C'est à partir des années 1980 que l'intérêt croissant des enseignants formés, a ouvert les portes de l'enseignement de l'astronomie dans les programmes à l'école. Dans l'article « L'enseignement de l'astronomie » *Aster*, 2003, Hélène MERLE et Yves GIRAULT, nous présentent l'intérêt de l'astronomie comme science à part, par le fait qu'elle soit reconnue tout d'abord comme l'une des sciences les plus anciennes, mais surtout par la reconnaissance de son caractère « interdisciplinaire ». A l'école élémentaire, on omettra bien évidemment l'abord de la physique quantique, l'optique géométrique ou tout autre phénomène électromagnétique... quand bien même, l'utilisation des mathématiques comme outil de compréhension soit fortement corrélé à l'apprentissage de l'astronomie chez l'élève.

Nous nous contenterons de la sphère de l'école élémentaire. En effet, l'année 1985 voit apparaître dans les programmes du cours moyen, l'étude des éléments astronomiques (avec le repérage dans l'espace et la mesure du temps), celle de la Terre et des astres, avec notamment la notion d'héliocentrisme. La succession des jours et des nuits est également étudiée ainsi que les fuseaux horaires. Enfin, les phases de la lune et ses conséquences sur la Terre (les marées) ainsi que les 'planètes du soleil' font également partie des programmes.

La succession des programmes prend bien évidemment la direction de l'évolution des objectifs à atteindre. Ainsi, en 1995 l'étude des marées a été supprimée des programmes ; en 2002, c'est au tour de l'explication des saisons. Malgré tout, l'année 2002 voit s'élargir le domaine d'étude d'un point de vue spatial, par l'abord de l'univers. Ainsi, la bordure du système solaire est largement dépassée et l'on voit bien l'œil soucieux de l'Homme à la conquête de l'espace, toujours plus grand. C'est dans une perspective de formation de futurs chercheurs et explorateurs de l'univers, que l'élargissement du champ d'observation a lieu.

2- Ce que disent les programmes de 2008

En effet dans les nouveaux programmes de 2008 la partie qui s'intéresse à l'astronomie et qui s'intitule « le ciel et la terre », regroupe les grandes notions suivantes :

- La lumière et les ombres ; Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du soleil ; La rotation de la Terre sur elle-même ; La durée du jour et son changement au cours des saisons ; Le mouvement de la Lune autour de la Terre

Les sciences demandent une certaine rigueur. Il émane de cette affirmation, le besoin d'un terrain d'entente entre mathématiques et astronomie enseignée à l'école primaire : puisque ce sont les mathématiques elles-mêmes, qui ont permis, dans l'histoire de l'astronomie et de l'astrophysique, de grandes découvertes comme la sphéricité de la terre, ou bien la rotation de la terre sur elle-même ou encore sa révolution autour du soleil. Il existe un rôle incontournable des mathématiques dans la modélisation des systèmes complexes. En effet l'histoire des mathématiques et celle de l'astronomie sont intimement liées. L'outil « Mathématiques » représenterait un double enjeu :

- Sur le plan pragmatique, de calculer des distances, de travailler les échelles de grandeurs et de distances, de construire in fine un modèle abordable, c'est à dire la clé pour rendre possible une « manipulation et une observation directe » des mécanismes astronomiques.
- Sur le plan métacognitif, il s'agirait pour l'élève d'être capable d'aller au-delà de ce qu'il voit, de se questionner sur la validité des représentations qu'il peut avoir à son échelle, de se rendre compte que la vision de certains phénomènes ne s'arrête pas à l'horizon, lui faire prendre conscience que les informations qu'il perçoit ne représentent pas une vérité absolue... c'est-à-dire à terme de prendre du recul sur ce qui se présente à lui...

Il s'agit d'un apprentissage scolaire présent depuis l'école maternelle. L'élève, depuis la maternelle découvre l'espace dans lequel il évolue, de l'école au quartier, la ville, le département, la région, le pays, l'Europe, le monde jusqu'au cycle 3.

L'apprentissage de l'astronomie en exploitant les distances et les grandeurs, permettrait de relativiser sur ces phénomènes à priori statiques, c'est à dire de prendre en compte que l'être humain n'est témoin que d'une infime partie de ces phénomènes. « Qu'est ce que la distance école-maison pour l'escargot ? »: Un exemple d'entrée en matière qui se base sur la réelle notion d'échelle permet de construire des savoirs, tant sur la dimension de l'appréhension de l'espace que sur la notion de distance.

Je m'intéresse donc au programme des mathématiques en lien avec le programme de l'astronomie au cycle 3. Pour cela j'utilise un tableau qui rendra plus clair l'approche pluridisciplinaire évoquée dans ma problématique :

Programme en astronomie au cycle 3	Place des Mathématiques : objectifs en jeu dans la sensibilité des grandeurs et des distances
_ Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du soleil	<p>Résolution de problèmes : Exploiter et utiliser des données Imaginer et utiliser des procédures personnelles pour résoudre des problèmes Formuler des questions en fonction des données présentes et y répondre</p>
_ La rotation de la Terre sur elle-même	<p>Le calcul : Calculer des produits, poser la multiplication (de nombres à 2 chiffres)</p>
_ La durée du jour et son changement au cours des saisons	<p>Exprimer, convertir et calculer des distances données en mètres et ses multiples</p>
_ Le mouvement de la Lune autour de la Terre	<p>Utiliser l'écriture fractionnaire et comparer les fractions Poser et effectuer une division d'un nombre à 2 chiffres</p>
	<p>Les nombres : Nombres arrondis et valeurs approchées</p>

	Double et moitié, triple et tiers, quadruple et quart
	<p>Grandeurs et mesures :</p> <p>Les milliards, écrire et comparer des nombres jusqu'à 12 chiffres</p> <p>Mesurer la distance d'un point à un autre</p> <p>Estimer une mesure : Connaître les ordres de grandeurs</p> <p>Connaître les unités légales du système métrique</p>
	<p>Géométrie :</p> <p>Tracer des cercles, demi cercle, quart de cercle</p> <p>Comparer des angles</p> <p>Reconnaître et tracer des droites parallèles</p> <p>Reconnaître et tracer des polygones : triangles et quadrilatères</p>

Les mathématiques pour travailler l'astronomie et l'astronomie pour travailler les mathématiques. D'après les documents d'application des programmes de 2002 en mathématiques (dont je ne me sers que de repère) : « *Si elles sont un outil pour agir au quotidien, les mathématiques doivent également offrir les ressources utiles à d'autres disciplines qui, en retour, leur apportent un questionnement et leur permettent de progresser.* » Considérer l'apprentissage de l'astronomie dans une démarche pluridisciplinaire offre à l'élève une source de motivation pour comprendre des phénomènes distants de plusieurs millions de kilomètres, tout en prenant en compte les grandeurs et les distances qui sont associées au sujet. De plus, envisager l'outil mathématique dans l'approche de l'astronomie permet de faciliter l'entrée dans la démarche scientifique et de retracer de manière logique le parcours de la pensée en la matière, qui a pris presque 3000 ans depuis l'astronomie moderne de l'Antiquité et dont les travaux mathématiques sont intimement liés.

C- Une approche épistémologique

1- La représentation du réel

Le domaine du réel est considéré sur le plan de la didactique comme étant une composante essentielle à l'intégration d'un concept. L'ouvrage « Mots-clés de la didactique des sciences, Repères, définitions, bibliographies », pages 29-30, présente la définition du *concept* d'après ³Gérard Vergnaud, selon laquelle il serait la convergence de trois composantes :

- L'ensemble des situations qui donne sens au concept : c'est la référence ou le référent empirique, qui représente le domaine du réel.
- Les invariants représentent alors l'ensemble des opérations des schèmes mis en œuvre à partir de ce référent.
- Le signifiant, quant à lui est l'ensemble constitué de toutes les formes « langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept », à travers ses propriétés et ses procédés d'analyse entre autres.

La représentation du réel en astronomie est un enjeu de taille étant donné le niveau d'abstraction de l'objet d'étude : l'Espace et l'Univers. Il est alors nécessaire d'utiliser le « signifiant » comme outil d'analyse afin de se rapprocher le plus de la représentation du réel. La modélisation est le signifiant couramment utilisé dans l'enseignement de l'astronomie. Mais quel type de modélisation peut être utilisé alors ? Et dans quel objectif ?

³ Gérard Vergnaud définit la notion de concept dans « La théorie des champs conceptuels », Recherches en didactique des mathématiques, 10, 2-3. Grenoble : La pensée sauvage, 1990. 145-146.

2- Modélisation en sciences

D'après le Petit Larousse illustré 2011, le modèle, en didactique, est « une structure formalisée utilisée pour rendre compte d'un ensemble de phénomènes qui possèdent entre eux certaines relations ». Dans le domaine des sciences, le modèle se veut être une structure simplifiée qui imite le « vrai ».

L'exigence première d'un modèle scientifique est sa précision par rapport à l'objet étudié : il demande de la part de son expérimentateur, de mettre en évidence de manière explicite des mécanismes internes propres à son original mais aussi d'être plus facile à manier. D'après Joshua et Dupin(1993), dans « Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques », le modèle rassemble 3 exigences : la cohérence de la logique interne avec l'objet d'étude, l'entretien de liens avec le réel (le réel de l'objet d'étude et le réel de la classe), et la capacité analytique de décomposition et de reconstruction.

Dans leur article « Modélisation : une approche épistémologique » issu de la revue *ASTER* n°43 de 2006, Sensevy et Santini s'intéressent à la relation entre la part d'abstrait et de concret dans la modélisation, et la possibilité d'expérimenter. Ce qui ressort de cette étude est l'utilisation de la modélisation comme outil afin de mieux comprendre certains mécanismes, mais également comme objet d'investigation, c'est à dire l'élaboration d'un modèle afin de tenter de donner une explication scientifique à travers des hypothèses. Le modèle scientifique ressemble à « l'original », il s'agit du principe de similarité et il apporte quelque chose en matière de connaissance sur le plan scientifique, c'est le principe d'utilité. Ce sont les validations explicites et opératoires décrites par Joshua et Dupin (1993) :

- La validation opératoire met en jeu le rôle « monstratif » et « expositif » du modèle. Il tient du fait que le modèle rend compte des hypothèses émises lors du questionnement et permet ainsi, par un support visuel à l'échelle, d'aménager le discours, et même le valider. Il rend compte du principe de similarité décrit précédemment.
- La validation explicite est l'utilisation de modèles dans la démarche scientifique comme éléments investigateurs ; la recherche d'une réponse scientifique passe par l'élaboration de plusieurs modèles hypothétiques dont la validité ne peut être remise en question par rapport aux notions physiques et mathématiques

utilisées. Le modèle ici est utilisé afin de tenter de répondre à un questionnement.

Ainsi, modéliser, c'est construire une représentation qui permet plus ou moins de rendre compte de la réalité. Il existe plusieurs types de modèles, dans le domaine des sciences, d'après l'ouvrage « Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences », de l'équipe INRP/LIREST, (1992):

- Un modèle peut correspondre à un objet concret, une image. C'est dans ce cas, le caractère figuratif et/ou analogique qui est mis en avant. Maquette, modèle réduit, schéma simplificateur et image sont autant de facettes que peut avoir ce type de modèle. Le modèle est ici une représentation permettant de visualiser le réel de manière simplifiée, pour se représenter le référent.
- Un modèle peut être la représentation du « no man's land » entre la réalité, la théorie et les lois scientifiques. Ce type de modèle est considéré comme une interprétation acceptable de la réalité, bien qu'elle ne traduise pas strictement cette réalité. Dans ce cas, il permet l'étude à l'échelle humaine de la réalité, en donnant accès à des paramètres, et favorisant la manipulation. On peut ainsi avoir accès à des données quantifiables qu'il est possible de mesurer et analyser.
- Un modèle de mathématisation : le modèle prend ici la forme d'une représentation permettant de faciliter la compréhension. Il revêt le caractère intelligible du phénomène modélisé, il est construit en même temps que les savoirs.

Dans l'enseignement de l'astronomie au cycle 3, c'est le domaine de l'observation qui entre en jeu. On peut se demander alors si la modélisation est utilisée comme fin en soi (où l'on voit bien le caractère figuratif et représentatif du réel), ou si elle est corrélée à une construction mentale et intelligible, telle que le modèle de mathématisation le définit.

Dans l'article « Mesure » de Malifaud issu de l'encyclopédie Universalis, « pour des phénomènes à l'échelle des limites de l'univers connu, les étalons de temps, de longueur et de masse sont modifiés par la théorie de la relativité. On doit s'aider de modèles dont on détermine abstraitement les structures [...] la notion habituelle de mesure se trouve dépassée. » Cette approche de Malifaud est intéressante dès lors que l'on aborde des distances mettant en jeu des galaxies lointaines. Mais en cycle 3 ce n'est qu'une approche de l'Univers qui est abordée. Dans le cas des limites de l'Univers - qui ne seront pas vues à ce stade des études – les distances deviennent totalement abstraites et la modélisation permet uniquement la structuration dans l'espace des objets et non plus la mesure de distances. La modélisation doit alors adapter cette contrainte, l'analogie s'en retrouve bouleversée.

D- Réflexion sur les manuels scolaires et leur utilisation en sciences

Dans l'article « Le manuel scolaire, un outil efficace mais décrié » de la revue *Education et Formation*, e292, de janvier 2010, François-Marie Gerard pose la question de l'utilisation des manuels scolaires et de leur efficacité.

D'un point de vue historique, les manuels scolaires ont été pendant une période décriés par la sphère enseignante, notamment lors de la revalorisation du statut de l'enseignant qui se veut être un « praticien réflexif ». Dans les années 1980, le manuel scolaire n'a pas bonne cote. Le même article nous renseigne sur le discours officiel de l'époque qui était qu'« un bon enseignant était celui qui était capable de se passer des manuels scolaires, perçus comme des outils emprisonnant tant les enseignants que les élèves dans un dispositif préconçu et décontextualisé ». La revalorisation de ces manuels a pris de l'ampleur par la diffusion de l'avis 87 de mars 2004 du Conseil de l'Education et de la Formation (CEF) qui a été formalisée dans le Contrat pour l'Ecole, adopté en 2005.

« Doter les élèves et les enseignants des outils du savoir » était à l'ordre du jour. C'est au travers de ce décret que les manuels scolaires ont été accompagnés du fameux guide pédagogique, incluant également des pistes de remédiation.

Gerard met en avant les résultats de recherches annonçant que pour la majorité des enseignants qui utilisaient des manuels dans le domaine de la lecture, les résultats des élèves n'en étaient que meilleurs. Qu'en est-il des sciences ? Et où sont les limites de l'utilisation des manuels scolaires ?

Des études annexes établissent le caractère variable de l'efficacité pédagogique à travers l'utilisation ou non d'un manuel scolaire, faisant le constat de l'inhibition de la réflexion de l'enseignant autour du savoir à transmettre, dans un domaine donné. L'enseignement des sciences exige en effet la rigueur de la démarche d'investigation afin que l'élève construise son savoir, rigueur qui ne peut être que guidée par l'enseignant. De plus, l'article fait mention d'un savoir qui peut être décontextualisé. Le cas des sciences met en avant la nécessité de répondre à un questionnement, à un besoin.

Dans son article, François-Marie Gerard mentionne le classement de manuels, proposé par l'Échevin de l'Instruction publique de la Ville de Liège, M. Jules Jasselette,

dans son Colloque « Le manuel scolaire, un outil au service des apprentissages de base » organisé le 19 janvier 2005 à Frameries par le Ministère de la Communauté française. Je propose de reprendre ce classement :

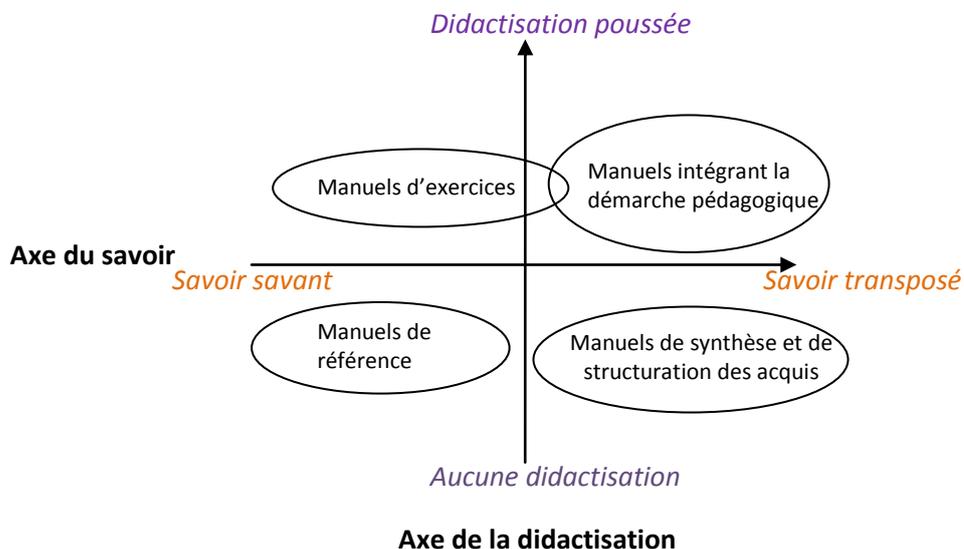
- les manuels de référence, ou manuels-outils, tels que les dictionnaires, encyclopédies ou atlas...

- les manuels qui regroupent, synthétisent les connaissances et structurent les acquis, qui deviennent ainsi une référence

- les manuels qui intègrent la démarche pédagogique

- les manuels d'exercices

Gerard établit alors un schéma intéressant, modélisant le pôle didactique et celui du savoir sous la forme d'un axe, en replaçant les différents types de manuels. Je propose de prendre ce modèle comme référence théorique dans mon mémoire :



Suivant les axes du savoir, la créativité de l'enseignant est plus poussée à mesure que l'on se rapproche du pôle 'savoir savant'. A l'inverse, c'est celle de l'auteur du manuel scolaire qui est plus prononcée à l'approche du pôle 'savoir transposé'. Gerard montre que

certaines manuels proposant une démarche pédagogique poussée, peuvent limiter la liberté et la créativité pédagogiques des enseignants dans leur classe.

Cet enjeu est d'autant plus grand, si l'on considère les manuels de sciences avec leur guide pédagogique, dans lesquels, des situations-problèmes sont proposées, permettant de suivre une démarche d'investigation. On pourrait alors se demander quelle est la part de liberté laissée aux enseignants ? De même, aussi maigre soit cette liberté pédagogique à travers certains manuels de sciences, les démarches proposées peuvent-elles se substituer à la réflexion et la créativité de l'enseignant ?

Problématique

Le champ d'observation et d'étude en astronomie à l'école est de plus en plus large. Des limites du système solaire, une vingtaine d'années a suffi pour s'éloigner dans l'univers. Cet éloignement met en avant la caractéristique des grandeurs et des distances. Dans le système solaire et dans l'univers, elles ne sont pas différenciables pour l'Homme, mais elles n'en sont pas moins mesurables, (entre infiniment grand et infiniment plus grand, c'est difficile de comparer).

Les représentations initiales en astronomie chez les jeunes enseignants sont un fait. L'utilisation des manuels scolaires à la lettre par certains enseignants en est un autre... plus accablant certainement. On ne peut qu'être perplexe quant à l'inhibition de la créativité pédagogique véhiculée au travers de ces outils. En effet, ce support d'enseignement privilégié serait dans ce cas, l'unique support d'apprentissage des élèves. Il ne s'agit pas d'une remise en question de l'élaboration des manuels scolaires, mais bien de leur utilisation. Comment un savoir peut-il être véhiculé, si l'enseignant n'en détient pas les tenants et les aboutissants ? Plus précisément, l'enseignant peut-il prendre appui uniquement sur les manuels scolaires ?

Je m'étais posée la question au départ, de l'éventuel obstacle que pouvaient représenter les distances et les grandeurs dans l'apprentissage de l'astronomie. Mais, il y a un travail de recherche à effectuer avant de savoir s'ils peuvent être des obstacles à prendre en compte dans les apprentissages. Ce travail de recherche est de savoir si l'échelle astronomique est prise en considération dans le savoir enseigné aux élèves, notamment à partir des manuels, qui combinent le travail de pédagogues et didacticiens (la noosphère) et celui des programmes en astronomie à l'école élémentaire. C'est donc avant de se pencher sur le pôle de l'élève et de ses représentations, que j'ai préféré faire un état de la présence des grandeurs et des distances dans les manuels scolaires. En effet, dans le triangle didactique que j'ai pris soin de définir dans la partie théorique, on considère que les grandeurs et des distances astronomiques font partie implicitement du savoir enseigné, mais d'après les programmes, il ne s'agit pas d'un savoir en soi. Il représente un aspect essentiel du domaine de l'astronomie, en ce sens qu'il peut ou non contribuer à la construction des savoirs et savoir-faire relevés dans les programmes.

Ce choix de méthodologie s'est fait en conséquence de causes : le délaissement (celui qu'évoquaient Frede et Venturini) de la discipline des sciences, et encore plus du domaine de l'astronomie, au profit du français et des mathématiques. J'ai pu faire ce constat moi-même en me renseignant sur le terrain. Cela est également dû au manque de temps et de moyens pour démarcher auprès de nombreuses écoles dans les alentours. Mais en dépit de ces problèmes, cela était un choix stratégique de recherche puisqu'à mon sens il fallait commencer par relever la présence des caractéristiques des grandeurs et des distances dans l'astronomie à l'école. Mes recherches prennent donc la direction du savoir enseigné, l'un des trois pôles du triangle didactique, afin de voir si les grandeurs et les distances sont effectivement des notions plus ou moins explicitées en tant que telles, ou ne sont-elles que des outils à la compréhension des phénomènes astronomiques. Je prends en compte qu'il ne s'agit là que d'une étape d'un travail, qui pourra être poursuivi par d'autres. Je pense notamment au pôle de l'élève (du triangle didactique dont je fais référence) et de ses représentations en astronomie, plus ou moins influencées par la vulgarisation scientifique. Je mets donc en suspens la question : « en quoi les notions de distances et de grandeurs astronomiques apporteraient une aide à la construction des savoirs dans le domaine astronomique ? »

Si la modélisation semble être inhérente à ce domaine, on pourrait se demander si elle est utilisée à bon escient. En effet, l'immensité de l'objet d'étude nécessite la modélisation si l'on veut observer d'un regard extérieur. Le modèle est un substitut du réel, qui possède des analogies avec ce dernier. Mais le choix du modèle, réside dans l'objectif d'apprentissage: un modèle est d'abord une construction mentale intelligente, car il doit être pensé bien avant sa réalisation et son utilisation. Ce choix des objectifs d'apprentissage naît dans le besoin des élèves de comprendre des phénomènes, difficilement représentables. Mais si l'analogie entre l'objet réel et le modèle prend en compte quelques caractéristiques, est-ce que c'est le cas des grandeurs et les distances ? Peuvent-elles faire l'objet d'un travail d'observation approfondi ? Autrement dit, peuvent-elles être modélisées et travaillées en tant que notions ? A ma lecture de l'article « Analyse des conceptions en astronomie de futurs professeurs d'école » de 2006, évoquée dans mon introduction, Valérie Frede et Patrice Venturini mettaient justement en évidence des lacunes en ce qui concerne des mécanismes astronomiques chez de jeunes enseignants. Ils soulignaient également leur confiance aveugle dans les manuels scolaires scientifiques,

décrivant des séquences toute prêtes. Ces réflexions m'amènent à me poser la question suivante : est-ce que les manuels scolaires de cycle 3, contenant la partie de l'étude du ciel et de la Terre, offrent un support d'apprentissage prenant en compte les grandeurs et les distances ? Est-ce que la modélisation est-elle ancrée systématiquement dans la découverte du système solaire et de l'univers ?

L'avancée de mes lectures et les apports théoriques au sujet de la construction des savoirs en astronomie en rapport avec les grandeurs et les distances, m'ont finalement dirigé vers la question : quelle place **les manuels scolaires accordent-ils à la notion de grandeurs et de distances dans la construction de savoirs en astronomie.**

Afin de répondre à ce questionnement, j'ai axé ma méthodologie sur l'étude méticuleuse des manuels scolaires. En effet, ceux-ci tiennent compte systématiquement des programmes en vigueur pendant l'année de leur édition. Il est nécessaire de faire le constat en premier lieu des programmes, et des évolutions constatées, pour enfin observer les démarches d'investigation proposées par ces manuels scolaires. Je propose d'observer s'ils tiennent compte de la spécificité des grandeurs et des distances en astronomie, et comment cette caractéristique est alors amenée.

A- Documentation approfondie et recueil de données

Afin de commencer ce travail de recherche, j'ai collecté dans un premier temps des manuels de sciences de cycle 3, proposant l'étude du système solaire et de l'univers (si c'était le cas). Le recueil de départ comprend des ouvrages proposant des activités en lien avec les programmes de 1995, de 2002 et de 2008. De ce fait, il serait peut-être intéressant de mettre en évidence une éventuelle évolution quant aux différents points que je vais développer dans l'analyse de ces pages.

Pour ce faire, j'ai sélectionné les pages des manuels, relatives :

- A l'étude du système solaire
- A l'étude de l'Univers

Mes recherches se basent sur un corpus de pages de manuels, complétées pour certaines, de pages du guide pédagogique associé.

D'après les programmes de 1995 :

1 Sciences et technologie, cycle 3 niveaux 2 et 3, Nathan, 1997, collections Gulliver : « Le système solaire... » pages 88-89 et «... l'Univers » pages 90-91.

1' Sciences et technologie, cycle 3 niveaux 2 et 3, guide pédagogique, Nathan, 1997, collections Gulliver : pages 94 à 98 « Le système solaire et l'Univers »

D'après les programmes de 2002 :

2 Sciences et technologie, 2003, Hatier, collections Tournesol : « Le système solaire » pages 46-47, « Les étoiles » pages 48-49 et « L'Univers » pages 50-51.

3 Sciences et technologie, album documentaire, cycle 3 niveau 3, Hatier, 2003, collections Tournesol : « Le système solaire » pages 42-43, « Les planètes du soleil » pages 44-45, « Les étoiles » pages 46-47 et « L'Univers » pages 48-49.

4 Sciences, 64 enquêtes pour comprendre le monde, cycle 3, Magnard, 2003 : « Comment sait-on que la Terre est ronde ? » pages 130-131, « Comment s'orienter à partir du soleil et des étoiles ? » pages 134-135 et « Pourquoi a-t-on fait un procès à Galilée ? » pages 140-141.

4' + Sciences cycle 3, guide du maître, Magnard, 2003 : « Le ciel et la Terre : construction de quelques modèles » pages 213-217.

5 _ Les savoirs de l'école, sciences et technologie, Hachette éducation, 2002 : « Les représentations du système solaire » pages 96-97, « Les neuf planètes du système solaires » pages 98-99 et « Connaitre l'Univers » pages 102-103.

5' + Les savoirs de l'école, sciences et technologie, guide pédagogique, Hachette éducation, 2003 : « Les représentations du système solaire, les neuf planètes du système solaire, connaître l'Univers » pages 135-139.

6 _ Sciences expérimentales et technologie, cycle 3, CM2, programmes 2002, Bordas, collection Tavernier, 2003 : « Le système solaire » pages 68-69 et « Du système solaire à l'Univers » pages 70-71.

D'après les programmes de 2008 :

7 _ J'apprends les sciences par l'expérience, cycle 3, programmes 2008, Belin, 2010 : « Quelle place occupe la Terre dans le système solaire ? » pages 20-21.

8 _ Toutes les sciences, cycle 3, programme 2008, Nathan, 2008 : partie 'Le système solaire dans l'Univers' « Combien y-a-t-il de planètes dans le système solaire ? » pages 42-45.

8' + Toutes les sciences, cycle 3, Livre du maître, programme 2008, Nathan, 2008 : partie 'le système solaire dans l'Univers' « Combien y a-t-il de planètes dans le système solaire ? » pages 38-39.

Je propose d'établir un relevé de données partant des questions suivantes :

Questions ouvertes :

- *Quels sont les aspects conceptuels étudiés ?*
- *Quelles sont les compétences scientifiques en jeu ?*

Questions fermées ou à choix multiples:

- *Les grandeurs astronomiques sont-elles présentes?*
- *Si oui, sont-elles les diamètres et/ou les distances ?*
- *Sont-elles chiffrées ?*

- *Comment sont abordées les distances et les grandeurs ? (Comme objet d'étude ou sous-jacent à la notion étudiée)*
- *La modélisation est-elle utilisée ? (sous toutes ses formes : schéma, maquette...)*
- *Quel est le type de modélisation proposé ? (illustrative/mathématisation)*
- *Quelle échelle respecte-t-elle ? (diamètre des objets célestes et/ou distances entre eux, ou aucune)*

C'est sous la forme de tableaux que je propose de relever les données, par souci de clarté. De plus, les pages de manuels sont numérotées de 1 à 8, les pages des guides pédagogiques associés (quand c'est le cas) sont numérotés également : 1' 4' 5' 8'.

	aspects conceptuels étudiés	Compétences scientifiques en jeu
1-1'	<p>Système solaire : Etude des phénomènes liés au système solaire, vus de la terre (saisons, cratères, météorites) et des astres (Lune, planètes, comètes)</p> <p>Univers : Les étoiles vues de la terre, (œil nu et télescope) et dessin de notre galaxie</p>	<p>_ Observation, comparaison de photographies Emission d'hypothèses</p> <p>_ Observation du ciel étoilé à 6 mois d'intervalle ; d'une étoile à 10 années d'intervalle Comparaison, émission d'hypothèses Recherches encyclopédiques</p>
2	<p>Système solaire : Les planètes : la durée orbitales, les distances, les tailles Approche historique</p> <p>Étoiles : Constellations et étoile polaire Distances des étoiles, l'année lumière ; approche de la notion d'espace-temps Mise en perspective des constellations,</p> <p>Univers : Les galaxies, notre galaxie : la Voie Lactée ; Milliards d'années-lumière; télescope spatial Hubble Structure de la Voie Lactée</p>	<p>_ Lecture documentaire, et questionnaire, comparaison des tailles, des durées orbitales et des distances des planètes par rapport au soleil Réalisation d'une maquette par l'utilisation des échelles diamètres et distances (compléter un tableau)</p> <p>_ Reconnaître quelques constellations sur un dessin, et l'Etoile Polaire Etude des grands nombres, calcul de distances par rapport à la vitesse de la lumière</p> <p>_ Lecture documentaire, et questions Calcul de distance avec le centre galactique en fonction de données Repérage approximatif de la Terre en fonction de la position du soleil sur un dessin de la Voie Lactée</p>
3	<p>Le système solaire : soleil, planètes, satellites, astéroïdes, comètes</p> <p>Les planètes du système solaire : caractéristiques morphologiques</p> <p>Les étoiles : Aspects morphologiques, naissance et mort d'une étoile</p> <p>L'Univers : Voie Lactée, les autres types de galaxies, l'observation lointaine grâce au</p>	<p>_ Observation de photos et de dessins, questionnaire, émissions d'hypothèses</p> <p>_ Observation, comparaison et émission d'hypothèses</p> <p>_ Observation de photos, comparaison et hypothèses</p> <p>_ Observation de photographies et description, comparaison, émissions d'hypothèses</p>

	radiotélescope	
4-4'	<p>Sphéricité de la Terre ; approches historiques ; Structuration et orientation dans l'espace</p> <p>Repérage dans l'espace à partir des étoiles, du soleil, la 'course du soleil'</p> <p>Du géocentrisme à l'héliocentrisme, approches historiques ; alternance des jours et des nuits</p>	<p>_ Observation et raisonnement à partir de documents (dessins, photo et schémas) Réalisation d'expérience afin d'appuyer son raisonnement</p> <p>_ Observation de documents, réalisation d'expérience et de modèles</p> <p>_ Documentations, confrontations historiques, Comparaison de pensées, et tests pour les valider ou non, par expériences</p>
5-5'	<p>Approches historiques des représentations du système solaire : entre géocentrisme de Ptolémée et Héliocentrisme de Copernic</p> <p>Les neuf planètes du système solaire, approches descriptives</p> <p>Connaissance de l'Univers : galaxie, UA, étoiles et constellations, objets célestes, approche de l'infiniment grand, évocation de l'infini</p>	<p>_ Lecture documentaire Guide pédagogique (GP) : Incite les élèves à comparer les représentations du système solaire, jusqu'à aujourd'hui</p> <p>_ Lecture comparative documentaire GP : documentation avec un film et des revues en astronomie : recherche sur tailles, composition et distances des planètes ; élaboration d'un modèle du système solaire</p> <p>_ Lecture documentaire GP : reconnaissance de constellations, étoile polaire, observation du mouvement des étoiles</p>
6	<p>Le système solaire : évolutions historiques des représentations (géocentrisme et héliocentrisme), approche descriptive des planètes du système solaire, la Lune</p> <p>Du système solaire à l'Univers : constellations et notions de distances entre les étoiles (projections en perspective) distinction entre étoiles et planètes par la trajectoire des dernières dans le ciel Immensité de l'Univers, la galaxie et au-delà</p>	<p>Observation des documents et questionnaire Réflexion sur la réalisation d'une maquette en respectant l'échelle donnée</p> <p>Observation de documents, réflexion, expériences, recherches de définitions</p>
7	Place de la Terre dans le système solaire : approche comparative avec les autres planètes, par rapport au soleil ; orbites	_ Lecture de dessins, réflexion et recherches documentaires personnelles pour comparer ; représenter les diamètres en respectant les échelles demandées et les orbites
8-8'	<p>Planètes du système solaire : comparaison des tailles, des distances</p> <p>Définition de la galaxie Réflexions et débats scientifiques : héliocentrisme, les 8 planètes (et non plus 9), immensité de l'Univers et existence extra-terrestre ?</p>	<p>_ Observations de photographies et dessins : comparaison, recherches documentaires ; réalisation d'une maquette du système solaire (respect de l'échelle pour les diamètres), réflexion sur les distances par rapport par rapport aux mêmes échelles</p> <p>_ Lectures documentaires</p>

Tableau 1 : Aspects conceptuels et compétences scientifiques en jeu dans les pages de manuels

Manuels privilégiant l'observation et la comparaison dans l'émission et la validation d'hypothèses	1_3_5
Manuels privilégiant l'expérimentation, la mathématisation et la modélisation pour construire le savoir	2_4_6_7_8

	1-1'	3	5-5'	2	4-4'	6	7	8-8'
Présence des grandeurs astronomiques	oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Si oui sont-elles les diamètres Dia et/ou les distances Dis ?	Dia Dis	Dia Dis	Dia Dis	Dia Dis	Dis	Dia Dis	Dia Dis	Dia Dis
Sont-elles alors chiffrées ?	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Distances et grandeurs : Objet d'étude O / Sous-jacent aux notions abordées S	S	S	S	O	S	S	O	O
Utilisation de la modélisation (schéma, maquette, ...)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Type de modélisation : _ Illustratif I _ mathématisation M	I	I	I	I et M	I	I et M	I et M	I et M
Modélisation : respect des diamètres MoDia et/ou des distances MoDis ou rien?	rien	rien	MoDia	MoDia MoDis	rien	MoDia MoDis	MoDia MoDis	MoDia MoDis

Tableau 2 : Place des distances et des grandeurs dans la structuration des apprentissages

B- Traitement et analyse des données

Dans un premier temps, on remarque que la démarche d'investigation est bien présente dans toutes les pages, quelle que soit l'approche envisagée de l'astronomie et quels que soient les programmes suivis.

Le **tableau 1** nous permet de voir qu'il y a deux types d'approche de l'astronomie dans ces manuels. Qu'il s'agisse du système solaire ou de l'Univers, une première approche se veut observatrice et descriptive. En effet, sur les 8 manuels, on en compte 3 dont l'objectif principal est d'observer, de comparer et d'émettre des hypothèses. C'est par le questionnement de photographies, de schémas et de dessins que cela se fait en général. Une deuxième approche est celle qui fournit à travers les supports documentaires, des outils de mathématisation (des données servent d'outils à l'élève dans sa démarche d'investigation).

Cette distinction entre les deux approches est mise en évidence (zones rosées) dans le **tableau 2**. Dans ce dernier, on observe des différences entre les deux types d'approche, compte tenu de la place des grandeurs et des distances, et de leur utilisation. Les grandeurs et les distances sont en effet bien présentes en tant que spécificité du domaine de l'astronomie. Mais on remarque une tendance en ce qui concerne leur place dans la leçon, tendance qui est en lien notamment avec l'approche des manuels constatée plus tôt : les pages de manuel qui privilégient l'observation semblent intégrer les grandeurs et les distances de manière informationnelle, alors que dans les pages de manuels qui privilégient la démonstration et l'expérimentation, les échelles astronomiques seraient un support exploitable, un outil de travail dans l'avancée du raisonnement. D'ailleurs, la présence majoritaire de données chiffrées soutient cette affirmation.

D'autre part, la modélisation est bien présente, dans toutes les pages de manuels, certes. Mais si l'on poursuit l'analyse, on remarque une autre tendance. Si l'on se penche sur la présence de la modélisation, on remarque que celle-ci est un outil de travail dans notre deuxième catégorie d'approche de l'astronomie (symbolisé par M), elle permet la validation explicite. Alors qu'elle ne figure qu'en tant qu'illustration (I), avec son rôle monstatif, permettant la représentation du réel uniquement d'un point de vue morphologique, dans la première catégorie d'approche : elle permet la validation

opérateur. De ce constat viennent s'ajouter la présence et l'utilisation des grandeurs 'Diamètres' et 'Distances' entre les objets du système solaire et de l'univers. Sur les 5 manuels privilégiant l'expérience, 4 en tout proposent de modéliser les diamètres et les distances en se basant sur des données empiriques chiffrées.

En outre, est-ce le fruit du hasard si l'approche des distances dans la modélisation ne soit présente uniquement dans les manuels qui proposent des outils de mathématisation ? A priori, la modélisation illustrative présente dans l'approche observatrice et descriptive de l'astronomie, n'aborde en aucun cas les distances (le respect de l'échelle des distances), mais uniquement les diamètres des objets célestes. On remarque en effet, que 4 manuels sur 5 dans la deuxième approche, permettent de prendre en compte la modélisation en respectant les échelles des diamètres mais aussi celle des distances.

L'on pourrait faire une comparaison entre les différents manuels issus de programmes d'années différentes, mais l'échantillon de manuels étant trop restreint, je ne peux avancer quelque affirmation, voire même quelque hypothèse.

C- Bilan

Nous voyons bien la nécessité d'aborder les grandeurs et les distances dans l'enseignement de l'astronomie. Mais il existe dans les manuels, des approches différentes des échelles, et elles sont largement corrélées par l'utilisation ou non de la modélisation comme outil de mathématisation. On entend par là que les grandeurs et les distances ne sont pas nécessairement étudiées pour elles-mêmes, mais qu'elles peuvent être utilisées pour structurer l'apprentissage de notions, c'est-à-dire comme outil de compréhension. Il existe alors un enjeu transversal dans cette démarche : on sent bien qu'il y a un souci d'expérimenter et de modéliser pour aborder les distances astronomiques, afin de s'imprégner de l'immensité de l'espace, plutôt que d'user de la simple observation. A noter que l'astronomie est un domaine où l'observation est privilégiée. L'observation est par ailleurs bien présente dans la démarche d'investigation, et l'approche privilégiant la construction mathématisée de modèles ne déroge en aucun cas à la règle.

Conclusion

Les grandeurs et les distances en astronomie peuvent donc être aussi bien des objets d'investigation et d'observation, que des outils de compréhension dans les manuels scolaires de sciences. Cependant, l'étude des distances semble prendre tout son sens dans des modèles de mathématisation, permettant alors de s'imprégner de l'immensité de l'Univers. Permet-elle pour autant de se le représenter ? L'approche du réel en astronomie réside dans l'analogie des échelles que peut proposer la modélisation, mais peut-on se représenter le réel pour autant ? N'est-ce pas là qu'une simple structuration de l'espace simplifié ? En effet, au cycle 3, la modélisation des grandeurs et des distances se trouve limitée par les bordures du système solaire. On voit bien que la notion de mesure a ses limites : jusqu'où peut-on modéliser l'infiniment grand avec l'infiniment petit ?

Finalement, on pourrait se demander si la représentation des grandeurs et des distances peut être un obstacle à la pensée rationnelle, étant donné le niveau d'abstraction à l'approche des bordures de l'Univers. Ayant fait le bilan de la place des grandeurs et des distances dans des manuels de sciences, on pourrait se poser la question de savoir ce qu'il en est de la représentation de l'élève au sujet des échelles astronomiques ? Si je reprends mon questionnement de départ sur la persistance de représentations en astronomie chez certains jeunes enseignants, on peut se questionner sur l'existence d'obstacles au raisonnement. Enfin, est-ce que les grandeurs et les distances à ultra grande échelle sont un obstacle à la compréhension des mécanismes astronomiques ?

Bibliographie

ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y., TOUSSAINT J., Ed., 1997, *Mots-clés de la didactique des sciences Repères, définitions, bibliographies*, Paris-Bruxelles, De Boeck & Larcier.

FREDE V., VENTURINI P., 2006, Analyse des conceptions en astronomie de futurs professeurs d'école, *Didaskalia*, n°29, 41-65.

GERARD F.-M., 2010, Le manuel scolaire, un outil efficace mais décrié, *Education et Formation*, e292, 13-24.

GOUGUENHEIM L., 2003, Enseigner l'astronomie : l'expérience de 25 ans d'activité du comité de liaison enseignants et astronomes (CLEA), *ASTER*, n°36, 151-161.

INRP/LIREST, MARTINAND J.-L., Ed., 1992, *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*, Paris, INRP.

JOSHUA S., DUPIN J.-J., 1993, *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Puf.

MALIFAUD P., *Mesure*, *Encyclopaedia Universalis*, Paris.

MEN, *Le Bulletin Officiel Hors série n°3*, 19 juin 2008.

MEN, *Les documents d'accompagnements au programme de Mathématiques à l'école primaire*, 2002.

MEN, *Les documents d'accompagnement au programme de Sciences et technologie au cycle 3*, 2002.

MERLE H., GIRAULT Y., 2003, L'enseignement de l'astronomie, *ASTER*, n°36, 3-14.

PIERRARD M.-A., 1988, Modélisation et astronomie, *ASTER*, n°7, 91-102.

SENSEVY G., SANTINI J., 2006, Modélisation : une approche épistémologique, *ASTER*, n°43, 163-188.