

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques :
enjeux et perspectives pour leur enseignement
et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015



UNE MODÉLISATION D'UNE ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL

Eric LAGUERRE*

Résumé – Nous étudions un processus de modélisation du phénomène d'éclipse totale de soleil. Nous prenons appui sur la Didactique des Domaines d'Expérience. Nous élaborons et mettons en œuvre une situation d'apprentissage liée à la trigonométrie. L'objectif est d'aborder avec des élèves une forme de modélisation par le biais de l'articulation qui peut s'établir entre le monde physique et les concepts mathématiques inhérents. L'objectif second est de tenter de comprendre comment une perspective dynamique liée à la modélisation au sein de la DDE peut aboutir à une planification d'activités enseignantes cohérentes.

Mots-clefs : éclipse, modélisation, domaine d'expérience, trigonométrie

Abstract – We study a process of modeling of the total sun eclipse phenomenon. We carry out the study in the framework of the Domains of Experience Didactics. We implement a learning situation involving trigonometry. The objective is to approach a shape of modeling with students using the articulation which could become established between the real world and the inherent mathematical concepts. The second objective is to try to understand how a dynamic prospect connected to the modeling within the DED can lead to planning coherent teaching activities.

Keywords: eclipse, modeling, domains of experience, trigonometry

I. INTRODUCTION

Dans cette recherche, nous nous intéressons à la modélisation d'une éclipse totale de soleil avec pour visée de mettre en relation ce phénomène avec des mathématiques enseignées au collège en France. Pour cela, nous illustrons notre approche en prenant appui sur une situation d'enseignement qui est construite dans le double but que les élèves comprennent le phénomène d'éclipse au moins partiellement et que soit introduite la notion de tangente en classe de troisième (neuvième année de scolarité). Dans un premier temps, nous définissons la modélisation du réel en prenant appui sur la Didactique des Domaines d'Expérience (DDE dans la suite ; Boero, Consogno, Guala & Gazzolo 2009). Dans un second temps, nous élaborons un domaine d'expérience en nous fondant sur les relations qui peuvent éventuellement être établies au sein d'une étude des éclipses totales de soleil entre le macro-espace, le méso-espace et le micro-espace. Nous pouvons signaler que d'autres chercheurs ont adopté une problématique d'étude similaire en prenant appui sur un autre cadre théorique que le nôtre (Matheron & Noirfalise 2010).

* Université Toulouse Jean Jaurès – France – eric.laguerre@univ-tlse2.fr

II. CADRE THEORIQUE

1. *La didactique des domaines d'expérience*

Nous fondons notre travail sur la Didactique des Domaines d'Expérience (Boero & al. 2009).

Qu'est-ce qu'un domaine d'expérience ?

Un domaine d'expérience (Dapueto & Parenti 1999) est relatif aux relations complexes qui se développent à l'école entre :

- la composante interne de l'élève qui est caractérisée par ses savoirs, ses pratiques et ses schèmes relatifs au domaine visé, avec leur part de subjectivité et de références culturelles parfois liées aux émotions ; cette composante permet à l'élève de faire un repérage des données qu'il juge pertinentes du monde réel, un choix d'hypothèses supplémentaires sur le monde réel si cela est nécessaire ce qui aboutit à une représentation du monde réel ;
- la composante interne de l'enseignant qui, elle aussi, est caractérisée par ses savoirs relatifs au domaine visé, ses pratiques, ses représentations, avec leur part de subjectivité, de références culturelles et bien sûr ses objectifs d'enseignement ;
- et la composante externe qui est liée, par exemple, aux contraintes provenant de la réalité même (comme le fait, dans le cadre des éclipses totales de soleil, que la lune et la terre ont des mouvements réguliers et qu'il est parfois impossible de procéder à certaines mesures de longueurs dans le macro-espace), aux moyens matériels (les instruments avec leurs fonctionnements), aux représentations symboliques (les schémas et les signes par exemple), aux règles et usages sociaux, etc.

L'objectif est de prendre appui sur les représentations des élèves et de les faire évoluer à partir de la composante de l'enseignant et de la composante externe. Le but est alors de repérer chez les élèves ce qu'ils savent déjà et ce qu'ils ne savent pas encore et de réfléchir aux conditions culturelles et didactiques de l'acquisition de savoirs. La conception des mathématiques dans un DE dépasse l'unique maîtrise des symboles, des règles et des procédures et sous-tend des compétences de raisonnement et de modélisation (Boero & Douek 2008).

Dans ce cadre, un modèle est construit à partir d'artefacts matériels et d'artefacts liés aux mathématiques ainsi qu'aux registres symboliques. Ces différents artefacts servent de médiateurs sémiotiques (Bartolini Bussi & Mariotti 2008).

Dans notre recherche, nous travaillons sur la modélisation d'un problème physique posé initialement dans le monde réel. A ce sujet, l'idée que nous prenons en considération est le fait qu'un modèle apparaissant à un certain niveau de la modélisation du réel constitue une nouvelle réalité, ce qui correspond à la prise en compte de l'existence de différentes interprétations de la réalité. Nous nous plaçons dans le cas d'expériences ou de faits réels directement observables.

Que pouvons-nous entendre par modélisation du réel dans le cadre de la DDE ?

2. *La modélisation du réel*

Les modèles sont construits en utilisant des artefacts matériels (supports, matériaux, objets, signes, ordinateur...) et des artefacts tels que les triangles rectangles, les angles etc., au sein des modèles mathématiques. Mais un modèle peut lui-même être employé comme artefact dans le but de construire d'autres modèles. A partir d'une situation tirée de la réalité, un déplacement s'effectue de modèle à modèle pour créer une nouvelle interprétation de la

réalité initiale ou une nouvelle réalité. Ainsi la réalité peut se présenter sous une forme modélisée ou sous une réalité fruit elle-même de la construction de plusieurs modèles.

Mais avec Tiberghien et Vince (2000), nous pouvons considérer que certains modèles de la réalité physique sont difficiles à construire par les élèves eux-mêmes.

Ces liens entre objets du monde des sensations perceptives et objets conceptuels de la physique, pour évident qu'ils puissent paraître au physicien, sont à construire pour l'élève. Les analyses du savoir de la physique et les difficultés des élèves déjà connues nous conduisent à considérer que ces liens ne sont évidents ni à construire ni à utiliser pour décrire et/ou prédire. (Tiberghien & Vince 2000, p.340)

Le fait de rendre les phénomènes liés au son visibles aux élèves par une modélisation physique que ces derniers élaboreraient est une chose difficile à mettre en place. C'est la raison pour laquelle les auteurs conçoivent un logiciel qui favorise une telle activité chez les élèves en simulant des phénomènes sonores simples. Ces simulations représentent une forme de modélisation proposée directement par les expérimentateurs. Nous faisons nôtre cette idée qui consiste à penser, en sciences expérimentales, qu'il est parfois nécessaire d'imposer à un moment ou à un autre un modèle d'un phénomène qui ne représente qu'une étape dans le processus de modélisation de ce dernier.

III. PROBLEMATIQUE

L'objectif est que les élèves, d'une part, parviennent à une interprétation approfondie du phénomène que nous aurons retenu et, d'autre part, qu'ils aient accès à l'étude d'un nouveau concept mathématique. Plus précisément, notre travail consiste à proposer aux élèves une modélisation d'une éclipse totale de soleil. En premier lieu, le but de la mise en œuvre de la situation est de favoriser chez eux la compréhension du phénomène qui peut être mis en rapport avec la notion de diamètre apparent (Martinez 1987) qui correspond à l'angle sous lequel est vu un objet (figure 1). Nous pouvons dire d'ores et déjà qu'étant lié à un objet comme la lune par exemple, le diamètre apparent est fonction de la distance D entre l'objet et l'observateur, de la taille de l'objet, ici le diamètre d de la lune, et de sa forme.

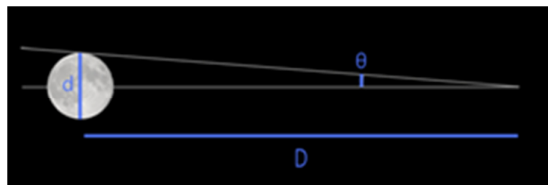


Figure 1 - Le diamètre apparent de la lune est 2θ .

Nous avons alors la relation : $\tan\theta = \frac{d}{2D}$.

Aussi, en second lieu, après avoir mis en évidence l'égalité de certains rapports de mesures de longueurs, le but est de faire accéder les élèves à la définition de la tangente dans un triangle rectangle.

Du point de vue pratique, nous nous interrogeons, tant du côté des élèves que du côté de l'expérimentateur, au sujet des phases de modélisation des éclipses totales de soleil que nous proposons :

Quelle est, *a priori*, la composante externe de la situation de modélisation proposée par l'expérimentateur ?

Quels sont les tâches et les objectifs précis alloués aux élèves quant à notre approche de la modélisation ? Quelle organisation est prévue ?

En nous appuyant sur la mise en œuvre de la situation, quelles descriptions précises pouvons-nous faire des phases de modélisation du phénomène des éclipses de soleil au sein de la DDE ?

Nous chercherons en particulier à savoir comment le contexte interne des élèves au sujet des éclipses totales de soleil évolue après la mise en place de la modélisation. En d'autres termes, comment la représentation des éclipses totales de soleil a-t-elle évolué chez les élèves après la modélisation du phénomène qui se conclut par l'introduction de la tangente ?

IV. METHODOLOGIE

Nous analysons la composante interne des élèves ainsi que d'autres contraintes éducatives et nous planifions une situation d'enseignement. Pour cela, nous commençons par faire apparaître les contraintes liées aux connaissances initiales des élèves et aux programmes nationaux ainsi que leurs effets sur l'élaboration de la situation et sur les choix didactiques liés au développement de la modélisation en classe au regard de la perspective théorique choisie. Plus précisément, nous fondons notre réflexion sur une analyse culturelle en travaillant sur les programmes de Physique du collège et sur l'exploitation d'informations que les élèves de troisième, avec lesquels nous travaillons, ont récoltées sur le sujet. Cela nous permet de répondre à la question suivante : quelle est la composante interne a priori des élèves au sujet des éclipses de soleil ? Nous poursuivons par une analyse des contenus physiques et mathématiques relatifs aux éclipses totales de soleil avec pour objectif de répondre à la question suivante : quels sont les concepts de la physique et des mathématiques qui peuvent être approchés par le Domaine d'Expérience des éclipses totales de soleil ? Nous manquons de place dans ce texte pour exposer nos résultats à ce sujet (voir Laguerre 2014).

Dans la partie théorique, nous nous sommes interrogés sur la construction en classe de modèles de phénomènes physiques et plus précisément sur la part de cette construction qui peut relever uniquement de la responsabilité de l'enseignant, en complément de celle qui est également assumée par les élèves. Dans notre situation, parce que les élèves n'ont pas une prise directe sur le phénomène étudié lié au macro-espace, par choix, ce dernier est directement modélisé dans le méso-espace par l'expérimentateur. Nous considérons qu'une éclipse totale de soleil se produit lorsque le diamètre apparent de la lune est supérieur ou égal à celui du soleil. L'une des méthodes comparatives pour déterminer le diamètre apparent d'un objet consiste à comparer la taille de l'objet à estimer au champ d'un instrument donné comme des jumelles, une lunette ou un télescope. Nous avons décidé d'employer un objet plus simple : la lorgnette. Quinze d'entre-elles sont construites à partir de boîtes parallélépipédiques toutes de dimensions différentes. Chacune est percée d'un trou de visée et d'une fente. Les élèves ont à viser une mire constituée d'une bande de papier de 1m50 à l'aide de lorgnettes (figure 2). Cette visée va consister à faire coïncider les extrémités de la mire avec celles de la fente afin que la longueur de cette dernière se superpose le plus exactement possible avec celle de la mire.

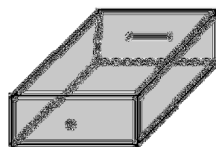


Figure 2 –Lorgnette

Les élèves ont alors à modéliser le phénomène du méso-espace dans le micro-espace dans le but de le comprendre dans le méso-espace puis dans le macro-espace et d'accéder au sens de la tangente dans un triangle rectangle.

V. ILLUSTRATION DE LA MODELISATION D'UNE ECLIPSE DE SOLEIL

1. Séance du modèle du méso-espace

Dans le cadre de travaux préalables dont nous ne pouvons rendre compte dans les limites du présent texte, les élèves ont bien pris conscience du mouvement des astres (Laguerre 2014). Ils ont noté que pour qu'il y ait une éclipse de soleil, il fallait que la terre, la lune et le soleil soient alignés sans bien sûr être conscients qu'une question de distances était à prendre en compte. La transposition du phénomène dans le méso-espace est totalement prise en charge par l'expérimentateur grâce à la situation de visée de la mire avec les lorgnettes. Il s'agit de transposer ce phénomène de l'espace à trois dimensions lié à l'alignement des astres que les élèves ont mis en avant à un phénomène plan (trou de visée, mire et fente de la lorgnette).

Analyse a priori

Décrivons la composante externe initiale, en particulier le matériel dont dispose les élèves et les actions qu'ils mènent avec ce dernier. Quinze binômes sont constitués. Chaque binôme vise successivement à l'aide de sa lorgnette une mire fixée sur un tableau en faisant coïncider les extrémités et le milieu de la mire avec les extrémités et le milieu de la fente de la lorgnette. Afin de faciliter cette visée, le milieu et les extrémités de la mire sont représentés par trois traits et le milieu de la fente d'une lorgnette est matérialisé par un morceau de ficelle. La longueur de la lorgnette et la longueur de sa fente ont des effets sur le positionnement des élèves qui assure la coïncidence fente-mire. Les binômes matérialisent ce lieu de la visée avec un carton identificateur.

Passons alors à la composante interne élève. Au sujet de la visée, un travail préalable sur l'alignement a été entrepris mais nous ne pouvons pas le développer ici. Les élèves ont pris conscience qu'il est nécessaire de faire coïncider les extrémités de la fente et de la mire et que pour cela, ils doivent se déplacer perpendiculairement au plan de la mire.

Intéressons-nous à la composante interne enseignant. Les lorgnettes sont fabriquées de telle façon qu'à la fin de la séance apparaissent trois lieux de visées représentés par trois rassemblements distincts de cartons dans la cour. L'objectif est que les élèves fassent ce constat. Pour cela, nous avons à prendre en compte d'éventuels écarts de visées. La taille des cartons identificateurs et le fait qu'ils sont rassemblés dans un rayon de 50 cm permettent qu'ils se superposent au moins partiellement. Les élèves doivent mesurer la distance approximative séparant un lieu de visée de la mire.

Analyse a posteriori

Nous allons mettre en évidence l'évolution de la composante interne élève. Dans la cour, après que tous les binômes ont procédé à la visée en ayant marqué l'emplacement de cette dernière, certains élèves remarquent rapidement que les cartons identificateurs sont regroupés en trois lieux (figure 3). D'autres rajoutent que des lorgnettes différentes peuvent avoir le même lieu de visée. Ils ont procédé à la mesure de la distance de visée pour chaque tas.

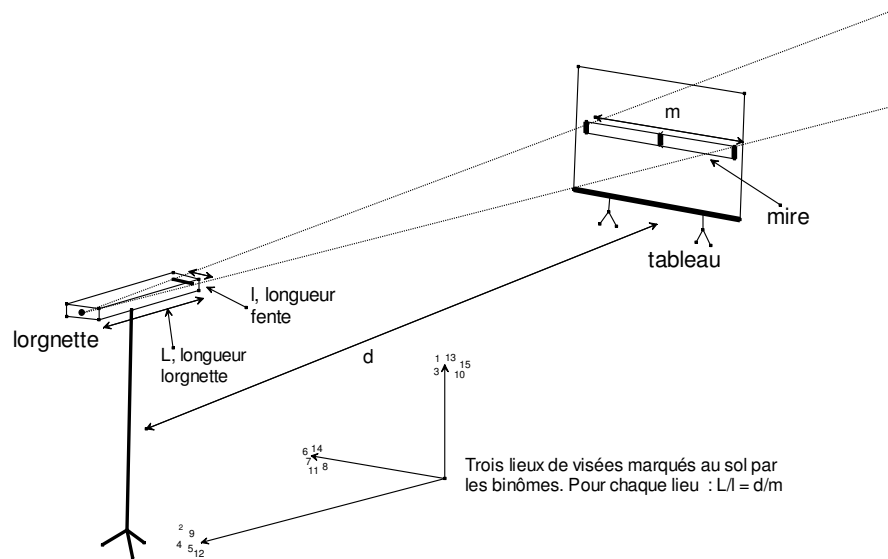


Figure 3 – Représentation des lieux de visée

2. Séance de la représentation plane à l'échelle

Analyse a priori

Pour ce qui est de la composante interne élève, une analyse des contenus mathématiques en jeu dans la modélisation des lorgnettes que nous ne détaillons pas, permet de dire que les élèves ont travaillé sur les représentations planes à l'échelle. Ces connaissances font partie de leur culture constituée par un travail en particulier en cours de technologie. Une analyse des contenus physiques liés à la situation de visée dans le micro-espace met en évidence que les élèves doivent transposer les contraintes du méso-espace (être bien « en face » et faire coïncider les extrémités de la mire avec celle de la fente de la lorgnette) au micro-espace (aligner trou de visée, milieu de la fente et milieu de la mire).

Composante externe : ces phases doivent permettre aux apprenants, en premier lieu, d'imaginer une façon de représenter la lorgnette ainsi que les longueurs qui sont retenues pour la modélisation. Modéliser des lorgnettes utilisées dans l'espace à trois dimensions par un dessin plan constitue une modélisation qui est loin d'être évidente. Une autre difficulté est liée au fait que des trajets lumineux immatériels doivent être tracés afin de matérialiser la visée dans le micro-espace.

Une fois les lorgnettes représentées à l'échelle sur papier calque, chaque binôme procède à une visée de la mire dans le micro-espace. La mire est représentée par un segment qui n'est bien sûr pas à la même échelle que les lorgnettes.

En ce qui concerne la composante interne enseignant, c'est-à-dire ici l'objectif principal de la représentation à l'échelle, le but pour les apprenants est d'aboutir à la création d'un artefact matériel grâce à une représentation plane et à l'échelle des lorgnettes par des rectangles en papier calque sur lesquels sont indiqués la « fente » et le trou de visée. Cette représentation doit permettre, d'une part, la matérialisation d'une visée du micro-espace et, d'autre part, d'aboutir à une première procédure d'anticipation d'une visée du méso-espace dans le micro-espace. Les élèves, après argumentation, doivent se mettre d'accord sur le fait qu'une représentation plane suffit et sur les longueurs qui sont retenues. Ensuite ils procèdent à une

visée dans le micro-espace pour obtenir une première anticipation d'une visée du méso-espace.

Analyse a posteriori

Constatant collectivement que dans le méso-espace, la situation n'était pas facile à étudier, après avoir eux-mêmes proposé de la représenter par un schéma à l'échelle, les élèves discutent, sans disposer de support matériel, pour se mettre d'accord sur le type de représentation qu'ils doivent produire. Quelques élèves sont tentés de schématiser la visée dans l'espace à trois dimensions. Dans ce cas, ils représentent même parfois l'élève qui vise. D'autres produisent des schémas hybrides relevant à la fois du plan et de l'espace. Mais pour deux binômes, la représentation rectangulaire plane est proposée rapidement. Après exposé des schémas obtenus et après échanges entre élèves, les binômes se rangent du côté de la représentation plane. C'est la composante interne des élèves en général qui évolue par le fait qu'il faille parfois négliger certaines choses pour mieux appréhender des objets. Il leur reste à trouver les longueurs que nous allons retenir pour aboutir au modèle.

S'en suit un autre travail en binôme pour la mise au point définitive de la représentation des lorgnettes à l'échelle. Cette échelle est imposée à l'ensemble des groupes et tient compte du centrage de la « fente » et du trou de visée. Sont consignées au tableau de la classe et pour chaque lorgnette, les mesures des longueurs de la fente, de la longueur et de la largeur de la lorgnette (tableau 1). Les élèves disposent de feuilles de calque de format A4. Chaque binôme reproduit sa lorgnette en cinq exemplaires afin que chaque binôme d'un même groupe de cinq lorgnettes équivalentes possède les calques de chacune.

Du point de vue de la composante interne enseignant, nous pouvons dire que nous modélisons une chose visible dans le monde palpable. En effet, des rectangles de même type percés d'un point de visée et « fendus » d'un segment représentant les lorgnettes dans le plan peuvent aussi apparaître dans la situation.

Chaque binôme reçoit l'ensemble des calques des lorgnettes de sa catégorie (A, B ou C).

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Largeur fente	2,75	6,1	1,55	5,2	6,4	2,55	4	3,5
Longueur	27,5	18,3	15,5	15,7	19,2	16	25	22
Largeur	19	11,5	13	9,5	7,5	13	9	14,5
Catégorie	B	C	B	C	C	A	A	A

N°	9	10	11	12	13	14	15
Largeur fente	7,7	1,8	3	4,2	2,5	1	1,3
Longueur	23	18	19	12,7	25	12,5	13
Largeur	8,5	12,5	12	9,5	9,5	13	9
Catégorie	C	B	A	C	B	A	B

Tableau 1 - Dimensions des lorgnettes avec répartition par catégorie.

Après avoir modélisé une lorgnette et son champ de visée, l'action de visée d'une mire est elle-même modélisée grâce à cet artefact matériel. Les élèves de chaque groupe procèdent aussi à une visée dans le micro-espace avec l'un de leur calque. Ils ont globalement assimilé le fait que pour qu'une mire soit perçue correctement dans le micro-espace, il faut que deux points soient vérifiés. Les milieux de la mire, de la fente et le trou de visée doivent être alignés perpendiculairement à la mire. Cette dernière doit entrer dans le champ de visée de la lorgnette.

Du point de vue de la composante externe, nous dirons que c'est un premier exemple qui illustre le fait que la modélisation constitue une interface entre deux interprétations de la réalité en rapport avec deux artefacts distincts liés à un même phénomène. Ce rôle de médiation sémiotique est en effet apparent grâce au lien établi entre, d'une part, le fait qu'il faut, pour viser correctement dans la cour, être de face et que les extrémités et les milieux des deux objets doivent coïncider (approche outil) et, d'autre part, l'idée que dans le modèle plan, les extrémités et les milieux en question se situent respectivement sur les côtés et la bissectrice de l'angle de visée (approche objet).

3. Séance de l'équivalence des lorgnettes

Analyse a priori

Centrons-nous autour de la composante externe. Les groupes d'élèves sont conservés afin de percevoir les champs de visées identiques par superposition de cinq lorgnettes équivalentes. Dans un second temps, sont également consignées au tableau et pour chaque lorgnette, les mesures des longueurs de la fente, de la longueur et de la largeur de la lorgnette. Sont inscrites aussi celle de la mire ainsi que les distances dans le méso-espace des trois lieux de visée à la mire.

Pour ce qui est de la composante interne élève, l'analyse des contenus mathématiques permet de dire que les élèves doivent avoir travaillé sur l'égalité des angles et sur l'égalité de fractions. Cela a été fait en classe de sixième pour les angles et dans les classes de sixième à troisième pour les fractions.

Enfin, en ce qui concerne la composante interne enseignant, la représentation de la situation de visée doit permettre la mise en évidence de l'équivalence des lorgnettes à partir de la superposition de leur calque. Le fait que les lorgnettes qui appartiennent à la même

catégorie de visée ont leurs rapports fente/longueur lorgnette égaux doit aussi émerger. Les contraintes de la composante externe incitent à particulariser les lorgnettes d'une des trois catégories (C) : elles sont telles que nous pouvons supposer que le rapport peut être facilement identifié (largeur fente/longueur lorgnette = 1/10). Dans le prolongement de ce que les élèves ont vu en classe de quatrième en trigonométrie la définition de la tangente complète le tout.

Analyse a posteriori

Pour ce qui est de la composante interne, les élèves d'un groupe obtiennent une bonne équivalence de leurs lorgnettes. Pour cela, ils tracent le champ visuel d'une lorgnette de leur tas et se rendent compte, par superposition, que les autres lorgnettes ont le « même angle ». Nous pouvons conclure que seul ce groupe a obtenu une bonne équivalence des cinq lorgnettes, mais que tous les autres, à part un, mettent en évidence cette équivalence pour au moins trois lorgnettes. La précision des schémas sur papier calque ainsi que sur la feuille blanche est avancée par certains élèves pour expliquer les erreurs apparentes. Une analyse de la composante interne enseignant nous donne alors ce qui suit. Le modèle des lorgnettes en papier calque constitue une nouvelle réalité qui fait émerger un nouveau constat. Dans la salle de classe, après avoir représenté les lorgnettes à l'échelle sur papier calque, les élèves constatent d'eux-mêmes par superposition des calques la coïncidence de cinq angles.

Une nouvelle interprétation peut être faite. Dans la salle de classe, après avoir représenté les lorgnettes à l'échelle sur papier calque, les élèves constatent que l'équivalence des lorgnettes correspond au fait qu'elles ont le même angle de visée (première interprétation mathématique). Il s'agit d'un deuxième exemple qui permet de stipuler que la modélisation est une interface entre un événement lié au modèle (même angle de visée) et un autre en rapport avec la situation initiale.

C'est par des allers et retours entre différents méta-niveaux d'interprétation de la réalité, dont les divers modèles sont une des composantes, que la modélisation se met en place et s'élabore étape par étape.

Par la suite, un nouvel événement dans le modèle lié à l'événement initial apparaît. Dans la salle de classe, après avoir énoncé que les champs de visée sont équivalents et après plusieurs échanges, des élèves finissent par dire qu'en divisant la longueur de la fente d'une lorgnette par la longueur de la lorgnette on trouve à peu près la même chose pour des lorgnettes équivalentes. Une fois cette étape franchie, nous poursuivons la modélisation de la situation et des événements initiaux par la définition d'un nouvel objet : la tangente d'un angle.

VI. CONCLUSION

La situation d'enseignement que nous avons mise en place a pour objectif d'aborder avec des élèves une méthode de modélisation d'un phénomène du réel et de légitimer l'introduction d'une nouvelle notion mathématique telle que la tangente. Nous nous appuyons sur les composantes internes élève/enseignant et sur la composante externe de la DDE. Nous pouvons dire que la modélisation s'établit par un certain nombre d'allers et retours entre différents niveaux d'interprétation de la réalité. Nous avons illustré ces dires à l'aide d'une situation de construction d'une modélisation d'une éclipse totale de soleil. Un autre objectif était de mettre en évidence la manière dont cette situation a pu favoriser chez des élèves la compréhension du phénomène et l'accès à la signification de la tangente.

Au début de la situation, les élèves devaient savoir qu'il y a une éclipse totale de soleil lorsque les trois astres terre, lune et soleil sont alignés, ce qui a été confirmé tant par leurs

productions initiales que par les programmes de physique. Aucune condition sur les distances entre les objets célestes n'est apparue dans les écrits des élèves ni n'est exigée dans les textes officiels. Tout notre travail a consisté à faire émerger cette condition. Le choix de transposer le phénomène dans le micro-espace grâce aux lorgnettes s'est produit au vu des programmes et des connaissances initiales des élèves.

L'une des difficultés qui peuvent être rencontrées est que les élèves n'aient aucune fréquentation directe de certains phénomènes, ce qui ne leur permettrait pas d'amorcer seuls une première étape de la modélisation. C'est justement le cas en ce qui concerne les éclipses totales de soleil. Même si ce phénomène fait partie des programmes de collège et de la culture des élèves de ces âges, il s'agit d'un exemple où les représentations préexistantes chez eux sont peu nombreuses. C'est la raison pour laquelle l'expérimentateur a largement pris part à la mise en place du processus de modélisation grâce à la mise en œuvre de la situation des lorgnettes.

D'une manière un peu plus générale au sein de notre situation, en ce qui concerne des choix didactiques à long terme, nous suivons les travaux de Tiberghien. Nous émettons l'hypothèse qu'une des conditions pour aborder avec des élèves d'une façon cohérente la modélisation de phénomènes tirés de la réalité semble être parfois de leur proposer un premier modèle qu'ils ne peuvent pas construire. Par contre, la représentation plane et à l'échelle des lorgnettes est un modèle relevant du micro-espace qui a été construit par les élèves. Deux autres choix didactiques à long terme semblent déterminants en ce qui concerne la mise en œuvre de la modélisation en classe. D'une part, il faudrait s'assurer que le modèle du phénomène choisi est bien pertinent. D'autre part, au vu du temps qu'il faut consacrer à la mise en place d'une telle situation de modélisation, un choix judicieux de la notion mathématique à travailler à un niveau scolaire donné devrait être fait.

REFERENCES

- Bartolini Bussi M-G., Mariotti M-A. (2008) Semiotic mediation in the mathematics classroom : artefacts and signs after a Vygotskian perspective. In English L. (Ed.) *Handbook of international research in mathematics education 2nd edition* (pp. 746-783). New York : Routledge.
- Boero P., Consogno V., Guala G., Gazzolo T. (2009) Research for innovation : a teaching sequence on the argumentative approach to probabilistic thinking in grades I-V and some related basic research results. *Recherche en Didactique des Mathématiques* 29(1), 59-96.
- Boero P., Douek N. (2008) La didactique des domaines d'expérience. *Carrefours de l'éducation* 26, 99-114.
- Dapueto C., Parenti L. (1999) Contributions and obstacles of contexts in the development of mathematical knowledge. *Educational Studies in Mathematics* 39, 1-21.
- Laguerre E. (2014) Une modélisation d'une éclipse solaire totale. *Recherche en Didactique des Mathématiques* 34(2/3), 133-165.
- Martinez P. (1987) *Astronomie, le guide de l'observateur (Tome 1)*. Toulouse : Société d'Astronomie Populaire.
- Matheron Y., Noirfalise R. (2010) Une recherche de la Commission inter-IREM (CII) didactique soutenue par l'INRP : « Dynamiser l'étude des mathématiques dans l'enseignement secondaire (collège et lycée) par la mise en place d'AER et de PER ». In Bronner A., Larguier M., Artaud M., Bosch M., Chevillard Y., Cirade G., Ladage C. (Eds.) *Diffuser les mathématiques (et les autres savoirs) comme outils de connaissance et d'action* (pp. 633-654). Montpellier : IUFM de l'académie de Montpellier.
- Tiberghien A., Vince J. (2000) Simuler pour modéliser. *Sciences et techniques éducatives* 7(2), 333-366.