

Apprentissage du mouvement diurne de la Terre par des enfants âgés de 9 à 10 ans

Hélène MERLE, Jean-Michel DUSSEAU

Laboratoire ERES de l'Université Montpellier II
Groupe IUFM
2, place M. Godechot, BP 4152
34092 Montpellier cedex, France.

Résumé

Cet article décrit la mise en œuvre de différents outils didactiques, en particulier d'un planétarium, pour faire acquérir la notion de mouvement diurne de la Terre, par des enfants âgés de 9 à 10 ans. Les activités réalisées permettent de déterminer les difficultés rencontrées par les élèves. Pour les surmonter, les enfants doivent rompre avec les concepts quotidiens, c'est-à-dire construire le concept d'horizon, passer d'une vision plane des espaces astronomiques à une vision et une représentation en volume (voûte céleste), et enfin comprendre la propriété d'immobilité des points situés sur un axe de rotation.

Mots clés : mouvement diurne, planétarium, modèle héliocentrique.

Abstract

This paper describes an investigation using different didactic methods to teach the concept of diurnal motion of the Earth to 9-10 aged pupils. The activities performed allow for the identifying of difficulties which need to be overcome in handling everyday misconceptions. It is necessary to build the concept of horizon, to relate space to volume and finally to understand the motionless properties of points located on a rotation axis.

Key words : diurnal motion, planetarium, suncentred model.

Resumen

Este artículo describe la ejecución de diferentes instrumentos didácticos, en particular de un planetarium, para hacer adquirir la noción de movimiento diurno de la tierra, a niños de 9 a 10 años. Las actividades realizadas permiten determinar las dificultades encontradas por los alumnos. Para superar estas dificultades los niños deben romper con los conceptos cotidianos, es decir, construir el concepto de horizonte, pasar de una visión plana de los espacios astronómicos a una visión y una representación en volumen (bóveda celeste), y finalmente comprender la propiedad de inmovilidad de los puntos situados sobre un eje de rotación.

Palabras claves : *movimiento diurno, planetarium, modelo heliocéntrico.*

1. INTRODUCTION

Les enseignements scientifiques dispensés à l'école élémentaire ont pour but, quel que soit le pays, de permettre à l'enfant de découvrir le monde naturel dans lequel il vit, et notamment la place de celui-ci dans l'univers. C'est le cas des programmes français (BOEN, 1995) destinés au cycle des approfondissements (8-11 ans) de l'école primaire. La partie consacrée au ciel et à la Terre (rubrique relative aux Sciences et à la Technologie) mentionne : «*Le mouvement apparent du Soleil ; la rotation de la Terre sur elle-même ...*».

Mais l'apprentissage du mouvement diurne de la Terre se heurte à de nombreuses difficultés. La plus souvent invoquée (Lanciano, 1987), est que nous vivons sur une Terre que nous «sentons» immobile. Ceci se traduit par des expressions telle «*le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest*», qui, si elles décrivent correctement une observation du mouvement du Soleil vu du système de référence Terre (Pierrard, 1988), ne favorisent pas l'idée d'une Terre tournant à toute vitesse sur elle-même et autour du Soleil. Or c'est cette vision de la Terre dans le système solaire et dans l'Univers que les programmes scolaires invitent à développer chez l'enfant !

Bien sûr, certains élèves, pour l'avoir entendu dans le milieu extrascolaire et principalement familial énoncent : «*On sait bien que c'est la Terre qui tourne et que ce n'est pas le Soleil*», mais ceci n'est pas significatif de la maîtrise du modèle héliocentrique. En effet les élèves confondent souvent le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même et son mouvement de révolution autour du Soleil et ne les associent pas au phénomène correspondant (alternance jour-nuit, alternance des saisons).

Dans cet article, nous ne nous focaliserons pas sur les diverses modélisations possibles ni sur l'activité de modélisation elle-même, étudiées dans un cas semblable par Pierrard (1988). Notre travail porte plutôt sur les concepts que les élèves doivent mobiliser pour construire une réponse à la question : «Comment expliquer les changements observés dans le ciel au fil des heures et l'alternance des jours et des nuits ?» dans le cadre d'un modèle héliocentrique. Pour cela, nous avons utilisé un planétarium en nous demandant :

– s'il constituait un outil didactique facilitant la compréhension du mouvement diurne ;

– si le moment de son introduction dans la démarche avait de l'importance.

2. EXPÉRIMENTATION

2.1. Procédures utilisées

Nous avons travaillé avec 50 élèves de cours moyen première année, âgés de 9 à 10 ans, répartis en deux classes de 25, de bon niveau scolaire et appartenant à un milieu social assez favorisé dans l'ensemble. Ces élèves sont habitués à pratiquer les méthodes actives, à travailler en groupe lors de phases de recherche, à affronter des situations-problèmes aménagées par l'enseignant.

Nous avons utilisé les deux procédures présentées ci-après. L'une vise à déterminer si le fait d'interpréter d'abord le mouvement apparent du Soleil permet aux élèves d'en inférer le mouvement de la sphère céleste (classe A). L'autre, dans la classe B, propose d'abord l'étude du mouvement apparent de l'ensemble du ciel avant de la restreindre au cas du Soleil. Il s'agit donc d'introduire une variable didactique en testant des procédures de passage du particulier vers le général (classe A) et du général vers le particulier (classe B).

Les deux procédures sont :

Classe A : C **SS** Ev **SP** Ev **SE** Et Ed Ed'

Classe B : C **SP** Ev **SE** Ev **SS** Et Ed Ed'

avec

C : questionnaires permettant de recueillir les conceptions des enfants ;

SS : séquence d'enseignement traditionnelle, basée sur l'observation et l'interprétation du mouvement apparent du Soleil (cahiers CLAIRAUT, 1991) ;

SP : séance utilisant un mini-planétarium, modèle GOTO EX-3 de chez PERL, permettant de projeter entre autres les positions de 500 étoiles sur un dôme de trois mètres de diamètre, séquence au cours de laquelle le mouvement apparent des étoiles est montré aux élèves ;

SE : séquence d'exploitation mettant en œuvre des demi-globes transparents d'un vingtaine de centimètres de diamètre, représentant la voûte céleste. Cette séquence vise à interpréter le mouvement d'ensemble de la voûte céleste ;

Ev, Et, Ed, Ed' : Après chaque séquence, des évaluations Ev ont été proposées aux élèves de façon à repérer les moments clés des acquisitions. Une évaluation terminale Et a eu lieu à la fin des enseignements. Enfin deux évaluations Ed et Ed' ont eu lieu en différé, l'une deux mois après Et, l'autre un an après. Ces évaluations ont été complétées par des entretiens individuels chaque fois que les réponses étaient confuses ou difficiles à interpréter.

Les phases C et E ainsi que les séquences SS et SE conçues par les auteurs de l'article ont été réalisées dans leur classe par chaque maîtresse, en présence de l'un de nous, tandis que lors des séquences SP, c'est la maîtresse qui jouait le rôle d'observateur.

2.2. Conceptions des enfants

En ce qui concerne le mouvement apparent des étoiles, seulement 14% des enfants le connaissent avant enseignement et en fournissent une explication partiellement correcte. Ce pourcentage ne varie pratiquement pas en ce qui concerne le Soleil : seuls 16% des enfants expliquent son mouvement par la rotation de la Terre sur elle-même.

Placés devant un choix, les enfants comparent le ciel nocturne à un plafond (26 sur 50), à un mur (10 sur 50), ou à un chapiteau (6 sur 50). Quand on leur propose des représentations planes illustrées du ciel nocturne, le modèle de voûte céleste n'est ni choisi, ni rejeté ; soit la représentation voulant donner une impression de volume n'a pas réellement été perçue comme telle, soit ce modèle n'existe pas dans l'esprit des enfants. Ceci est confirmé lorsqu'on propose aux enfants des schémas relatifs au mouvement apparent du Soleil pendant la journée : les schémas plans sont majoritairement acceptés comme représentatifs, par rapport à des schémas en perspective donnant une idée de volume.

2.3. Analyse de l'expérimentation et discussion

2.3.1. Lors de la séquence SS, on repère la position du Soleil à différents moments de la journée par rapport à un horizon local. Puis certains enfants proposent spontanément d'expliquer ce mouvement apparent du Soleil d'Est en Ouest dans le ciel sur une journée, et l'alternance jour-nuit, par la rotation de la Terre sur elle-même en 24 heures autour de l'axe des pôles. Pour valider cette hypothèse, on utilise le mime et la manipulation de maquettes (globes terrestres éclairés par un projecteur de diapositives simulant le Soleil).

2.3.2. Lors de la séance SP, après repérage sur la toile du planétarium de quelques constellations (Grande Ourse, Petite Ourse et l'étoile polaire, Cassiopée, Orion, le Cygne), le mouvement de la voûte céleste est déclenché, et il provoque beaucoup d'étonnement chez les enfants.

Pour la classe A, familiarisée, par un enseignement traditionnel, avec le mouvement diurne de la Terre, ce dernier est rapidement mobilisé par les élèves, mais ils formulent aussitôt deux questions :

– «*Pourquoi les étoiles tournent-elles "penchées" ?*» Ceci confirme que leur vision du ciel est plane. En effet, lors de l'observation du mouvement apparent du Soleil, les élèves ont eu le sentiment que ce mouvement s'effectuait dans un plan vertical, et l'inclinaison des trajectoires, nettement visible ici, les intrigue beaucoup.

– «*Pourquoi l'étoile polaire ne tourne-t-elle pas ?*» Cette question met en évidence l'absence de maîtrise du modèle invoqué.

Ainsi, la séance du planétarium participe à la construction du concept de mouvement diurne, mais l'immobilité apparente de la polaire et l'inclinaison des trajectoires constituent des obstacles nouveaux. D'où la nécessité pour les enfants de remettre en cause leur modèle explicatif, ou du moins de l'enrichir pour y intégrer ces nouvelles données. Cette possibilité va leur être offerte lors de la séquence SE.

Pour la classe B, qui n'a eu aucun enseignement préalable, l'unique question qui préoccupe les enfants est : «*Pourquoi les étoiles tournent-elles ?*» Les principales explications qu'ils proposent sont les suivantes :

- «*Le vent pousse les étoiles*» ;
- «*La Terre tourne. D'un côté, il y a les étoiles et c'est la nuit ; de l'autre côté, il y a le Soleil et c'est le jour*» ;
- «*La Terre tourne et fait tourner les étoiles*».

Ces hypothèses sont débattues dans la classe et réfutées, pour les deux premières, par des contre-exemples venant des élèves eux-mêmes. Pour la dernière hypothèse, non seulement les enfants ne trouvent pas d'arguments pour la réfuter, mais par effet de contagion, tous finissent par l'accepter comme une explication possible. La maîtresse leur indique alors que lors d'une prochaine séance (SE), ils procéderont à une vérification.

2.3.3. Lors des séquences SE, dans un premier temps, les enfants disposent d'une planchette représentant le sol, sur laquelle est placé au centre un petit personnage symbolisant l'observateur terrestre. Afin d'éviter que cet outil renforce l'idée d'une Terre plate (Vosniadou, 1992), un travail complémentaire a eu lieu (Merle, 1995). Un demi-globe transparent renversé sur cette planchette représente pour les élèves le grand «parapluie» du planétarium. La position de l'étoile polaire est précisée par un trou dans le plastique. Par groupes de quatre, les enfants doivent reproduire à l'aide de crayons-feutres les trajectoires, observées lors de la séquence SP, de trois étoiles : une assez proche de l'étoile polaire, une autre plus éloignée vers le sud et une dernière encore plus au sud.

Après de nombreuses confrontations gérées par la maîtresse, les enfants, malgré leurs réticences initiales, ont été amenés à construire des cercles «incomplets» pour les étoiles éloignées de la polaire (figure 1).

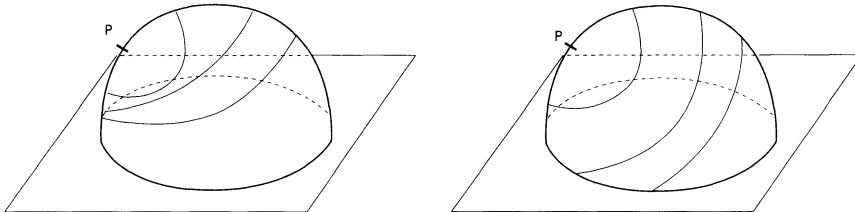


Figure 1 : **À gauche, premières productions des élèves ne faisant pas disparaître les étoiles ; à droite, productions correctes.**

Cette situation a contribué à la construction d'une idée essentielle et pourtant difficile pour de jeunes enfants, à savoir qu'il existe un espace inaccessible à l'observateur. Tous les élèves ont bien compris que lors du passage sous l'horizon, si l'étoile n'était plus visible pour l'observateur, elle n'en continuait pas moins son chemin.

L'exploitation des divers tracés a permis de bien décrire les trajectoires observées : ce sont des cercles inclinés, soit complets lorsque l'étoile est proche de la polaire (l'étoile reste alors toujours au-dessus de l'horizon), soit incomplets dans les autres cas (on a alors affaire à une étoile qui se «lève» vers l'Est et se «couche» vers l'Ouest). Ces trajectoires sont toutes

parallèles entre elles, observation qui a beaucoup frappé les élèves. Ce travail est indispensable pour que les élèves prennent conscience qu'il s'agit bien d'un mouvement d'ensemble du ciel, mouvement qu'ils n'avaient perçu que superficiellement lors de la séance du planétarium, comme le prouvent leurs premières productions.

Dans un deuxième temps, l'idée des élèves selon laquelle « *ce ne sont pas les étoiles qui tournent, c'est la Terre* » est reprise par le maître. Munis du même dôme hémisphérique, d'un mini-globe terrestre et d'une aiguille à tricoter, les élèves doivent proposer une réalisation concrète répondant à la consigne suivante : « Si les étoiles sont fixes, comment faut-il placer la Terre et comment faut-il la faire tourner pour qu'un observateur terrestre voie tourner les étoiles autour de l'étoile polaire ? » Le premier tâtonnement consiste à placer la Terre au centre de la voûte céleste. Ils inclinent ensuite intuitivement la Terre en direction de la polaire et la font tourner sur elle-même pour tenter d'imaginer les conséquences de ce mouvement pour un observateur terrestre. Ils observent également : « *Si je mets mon doigt sur l'aiguille et que je la tourne, je ne sens pas que ça bouge : c'est pour ça que la polaire semble immobile.* »

Si on leur demande de décrire le trajet d'une étoile particulière, ils parviennent à produire, partiellement guidés par la maîtresse, le raisonnement suivant : « *L'étoile est au-dessus de la Russie, à l'Est de la France ; si on est en France, on la voit se lever. Après il faut tourner la Terre dans ce sens (l'enfant indique alors le sens correct de rotation), pour que l'étoile soit au-dessus de la France. Ensuite, elle se couche vers l'Ouest, quand elle est au-dessus de l'Amérique.* »

3. RÉSULTATS DES ÉVALUATIONS

À chacune des évaluations, nous avons testé la capacité des élèves à interpréter ou anticiper les mouvements du Soleil, de la Lune ou des étoiles, pour différentes positions d'un observateur (pôle Nord ou autre planète par exemple). Nous avons considéré que les deux éléments du programme : « Mouvement apparent du Soleil ; rotation de la Terre sur elle-même » étaient acquis lorsque les enfants répondaient correctement à tous les types d'exercices proposés. Le terme « apparent » désignant alors pour eux, par exemple, un mouvement observable depuis un repère terrestre par un observateur lié à ce repère, mais dû en fait à la rotation de la Terre sur elle-même.

Bien entendu, les pourcentages donnés ne sont qu'indicatifs d'une tendance, étant donné les tailles des populations observées.

Pour la classe A, lors de l'évaluation opérée après la séquence SS, sur 23 élèves présents, 91% admettent que la Terre se déplace réellement par rapport au Soleil, et 78% mettent en cause le mouvement propre de la Terre pour expliquer le mouvement apparent de la Lune d'heure en heure. Par contre, il est beaucoup plus difficile pour ces élèves d'imaginer un éventuel déplacement observable des étoiles. On constate alors que seulement 43% fournissent une réponse correcte ou approximative. On note enfin qu'aucun enfant n'est capable de prévoir comment se déplaceront ces étoiles. **Le transfert d'une situation particulière (Soleil) à un cas général (étoiles) semble donc difficile.**

Lors de l'évaluation qui suit SP, **le même pourcentage de réussite que précédemment (43%) met en évidence que la séance planétarium SP ne suffit pas à elle seule.**

Pour la classe B, la séquence de planétarium suivie de la séquence d'exploitation permet d'obtenir 56% de bonnes réponses à ces mêmes questions.

Lors de l'évaluation terminale le pourcentage de réponses correctes est de 58% dans les deux classes, ce qui laisse supposer que les deux procédures sont équivalentes.

Mais, dans la classe A, la séquence SE permet de passer de 43 à 58 % de réussite, alors que dans la classe B, la séquence SS ne modifie pas de façon significative le pourcentage de réussite (56 à 58%) concernant le mouvement apparent des étoiles. **Les connaissances acquises sur le mouvement apparent du Soleil ne sont donc pas réinvesties en ce qui concerne les étoiles.**

Au contraire, si l'on considère les seuls exercices concernant le cas du mouvement apparent du Soleil, on observe dans la classe B que le travail sur le planétarium permet aux enfants de progresser. **Ainsi, semble apparaître l'intérêt de commencer par une connaissance plus générale avant de passer aux cas particuliers.**

On peut dire en conclusion que presque la moitié (48%) des élèves a totalement assimilé le mouvement diurne de la Terre et ses conséquences puisque, deux mois après l'évaluation terminale, ces élèves réussissent, lors d'une évaluation différée Ed, des exercices jugés difficiles par les enseignantes des deux classes. Pour 30% des élèves, la maîtrise du concept est encore incertaine.

Lors de l'évaluation différée Ed' réalisée un an après, les mêmes exercices ont été proposés aux 45 élèves encore présents dans les écoles concernées. Nous avons pu ainsi comparer les résultats individuels de chaque élève. L'analyse montre que, parmi les élèves manifestant une

parfaite maîtrise du concept lors de Ed, cinq fournissent des réponses plus ambiguës. Par contre, dix élèves pour lesquels la maîtrise semblait incertaine ont fortement progressé. Au total, le pourcentage de réponses totalement satisfaisantes passe de 48 à 58%. Ce résultat confirme que, pour ces élèves-là, il y a réellement eu conceptualisation et non apprentissage purement formel.

Nous avons enfin vérifié que les procédures choisies étaient transposables sans trop de difficultés en fournissant des scénarios très précis à quatre enseignants qui, de manière autonome, les ont reproduits dans leurs classes (dont une située dans une zone d'éducation prioritaire). Les résultats obtenus, lors des évaluations terminales, confirment la nécessité du passage au planétarium, le travail sur le seul Soleil n'étant pas suffisant.

4. CONCLUSION

La question : «Pourquoi ne sent-on pas le mouvement de la Terre ?» est essentiellement abordée par Piaget (1974), à travers l'évolution «*de l'absolu égocentrisme intellectuel à la décentration relativiste*».

Cette décentration est certes nécessaire pour construire le concept d'horizon. Les enfants doivent comprendre que celui-ci ne constitue pas une limite de l'espace. L'activité de tracé leur fait prendre conscience de la difficulté et les oblige à s'y affronter : on peut raisonnablement penser que cette activité les aide à construire le concept d'horizon et à approfondir celui d'une Terre sphérique flottant dans un espace infini (Nussbaum, 1986).

De plus, les enfants ont initialement une vision plane de l'espace astronomique et le concept de voûte céleste utilisé ici demande aux élèves de passer à une perception et une représentation de l'espace «en volume». Même si la notion de voûte risque d'induire l'idée que les étoiles sont toutes équidistantes de la Terre, cette représentation constitue un progrès vers la conception de l'espace astronomique.

Enfin, si les résultats des évaluations ne permettent pas de trancher sur le choix d'une procédure, le travail au planétarium conduit, plus que le travail à partir du Soleil, à prendre conscience de la nature réelle du mouvement de la Terre (mouvement de rotation), et de ses propriétés (immobilité des points situés sur l'axe de rotation). En effet, lorsque les enfants miment le mouvement de la Terre par rapport au Soleil, ils ressentent davantage leurs déplacements comme une succession de petits mouvements de translation ; l'étonnement suscité par l'immobilité de la polaire montre bien qu'il s'agit là d'un obstacle important vers la compréhension réelle du mouvement diurne de la Terre. Ainsi, la compréhension du mouvement de rotation de la Terre sur elle-

même est impossible par la seule prise en compte du mouvement apparent du Soleil. Les élèves ne peuvent réellement accéder à la compréhension du mouvement diurne de la Terre que si on les confronte au mouvement d'ensemble du ciel autour de l'axe des pôles. Et si le planétarium ne se suffit pas à lui-même, ce que nous avons montré, il joue un rôle de catalyseur, essentiel pour déclencher le questionnement des élèves, car lui seul permet de visualiser le mouvement d'ensemble de la voûte céleste.

En conclusion, ces concepts (horizon, voûte céleste, axe de rotation) qui font obstacle à l'acquisition du concept de mouvement diurne de la Terre, correspondent à l'idée de Vygotski (1934), reprise par d'autres auteurs (Vergnaud, 1989), selon laquelle les concepts scientifiques sont organisés en système. Pour notre part, nous pensons avoir montré que seule leur prise en compte globale permet de dépasser un apprentissage superficiel de connaissances dans le domaine concerné.

BIBLIOGRAPHIE

- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1995). Programmes pour l'école primaire. *Bulletin officiel*, n°5, p. 35. Paris, Ministère de l'Éducation nationale.
- CLAIRAUT (Cahiers) (1991). *Hors série n°1 : Astronomie à l'école élémentaire*. Saint Cloud, Publications du CLEA (Comité de Liaison Enseignants Astronomes).
- LANCIANO N. (1987). Voir comme Ptolémée et penser comme Copernic. In A. Giordan et J.-L. Martinand (Eds), *Actes des IX^{es} Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique*. Paris, Université Paris 7, pp. 255-260.
- MERLE H. (1995). Sensibilisation d'enfants de 9 à 11 ans à l'histoire des sciences : l'expérience d'Eratosthène. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Eds), *Actes des XVII^{es} Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique*. Paris, Université Paris 7, pp. 475-480.
- NUSSBAUM J. (1986). La perception par les élèves des concepts astronomiques. In *Proceedings of the GIREP Conference : COSMOS an Educational Challenge*. Copenhagen.
- PIAGET J. (1974). *Introduction à l'épistémologie génétique*, vol. 2 : *La pensée physique*. Paris, PUF.
- PIERRARD M-A. (1988). Modélisation et astronomie. *Aster*, n°7, pp. 91-102.
- VERGNAUD G. (1989). La formation des concepts scientifiques. *Enfance*, n° 1-2, pp. 111-118. Paris, PUF.
- VOSNIADOU S. (1992). Modeling the learner : Lessons from the study of knowledge reorganization in astronomy. In A. Tiberghien & H. Mandl (Eds), *Intelligent learning environments and knowledge acquisition in Physics*. Berlin, Springer Verlag, NATO ASI Series, vol. 86, pp.101-110.
- VYGOTSKI L. (1985). *Pensée et langage*, chapitre 6 : Étude du développement des concepts scientifiques pendant l'enfance (1^{ère} éd. 1934). Paris, Éditions sociales.