

Le saladier, un modèle ?

Le mouvement apparent du Soleil à l'école primaire : de l'observation à la modélisation

Catherine Lecoq, IUFM de Haute Normandie, catherine.lecoq@univ-rouen.fr

Résumé : Le dispositif dit du "saladier" permet une représentation en trois dimensions du mouvement apparent du Soleil. Pourtant son utilisation par des élèves pour enregistrer ce mouvement n'a de sens que si le dispositif a été auparavant construit comme un modèle du réel observé. L'article décrit les étapes d'une démarche de construction de ce modèle, démarche effectivement mise en oeuvre dans une classe de CM2 d'école primaire.

Chaque jour, pour un observateur terrestre (en dehors des zones polaires), le Soleil apparaît le matin au-dessus de l'horizon ("lever"), puis "monte" dans le ciel d'est en ouest jusqu'à sa culmination pour ensuite "redescendre" et enfin disparaître sous l'horizon ("coucher"). Ce mouvement est communément appelé *mouvement "apparent" du Soleil*. Il peut être décrit dans un système de coordonnées horizontales par les mesures de l'azimut et de la hauteur angulaire du Soleil à chaque instant.

L'étude du *"mouvement apparent du Soleil"* figurait aux programmes 2002 et 2007 de l'école primaire. Les compétences visées (2002) étaient de rendre l'élève *"capable de représenter qualitativement la trajectoire du Soleil dans le ciel et son évolution au fil de l'année"*. À ce niveau de la scolarité, la représentation de la trajectoire du Soleil ne peut être que "qualitative". En effet, la notion d'angle est connue des élèves, mais la mesure des angles et l'utilisation du rapporteur n'ont pas été abordées.

Les programmes 2007 fixaient comme compétence non exigible de "savoir relever la trajectoire du Soleil par rapport au sol (horizon)", sans préciser la méthodologie de ce "relevé".

Les documents d'application de ces programmes stipulaient que *"l'objectif est en tout premier lieu d'observer les phénomènes les plus quotidiens et d'engager les élèves dans une démarche de construction d'un modèle scientifique"*.

Or, la méthode bien connue au CLEA sous le nom de "relevé du saladier"¹ et initiée au sein des EEA

depuis les années 1990, répond à ce double aspect de "représentation qualitative de la tra-jectoire du Soleil" et de "modèle" représentatif du réel.



Les commentaires des programmes 2002 précisait encore que *"tout en étant attentif aux dangers de l'observation directe du Soleil, il est toutefois possible de se rendre compte des évolutions du mouvement apparent du Soleil, lequel peut être représenté sur une feuille plane comportant le profil de l'horizon du lieu d'observation"*.

Ce commentaire appelle lui-même un commentaire. En effet, à moins de se situer en un lieu où l'horizon est extrêmement réduit, dessiner sur une feuille plane le profil de l'horizon d'un lieu d'observation n'est pas aussi simple qu'il y paraît. En effet cet exercice nécessite un pivotement de l'observateur sur lui-même s'il veut un angle de vision de plus de 180 degrés.

Pierre Causeret a fort bien explicité dans les CC n°119 d'automne 2007 les problèmes de représentation du mouvement apparent du Soleil. Il y a développé tout l'éventail des projections possibles pour la trajectoire du Soleil, en analysant pour chacune d'elles leurs intérêts et leurs limites. Il a,

¹ Voir les CC n° 119 ou l'ouvrage "Le ciel à portée de main, 50 expériences d'astronomie" CAUSERET, P., FOUQUET J.-L., SARRAZIN-VILAS, L., (2005). Belin. Le saladier a été introduit dans les Écoles d'Été par Roland Szostak de l'université de Munster.

par là même, montré toutes les difficultés de "lecture" et d'interprétations liées à toutes les représentations planes, représentations qui pourtant émaillent la plupart des manuels scolaires. Il termine son article par cette conclusion : "*mis à part le saladier, il n'y a pas de représentation parfaite du mouvement apparent du Soleil*". De plus, comme le souligne Hélène Merle (Merle, 2003), cette représentation en trois dimensions renforce le caractère angulaire du concept de "hauteur d'un astre au dessus de l'horizon".

L'étude de ce mouvement confronte donc les élèves à des difficultés de divers ordres :

- En premier lieu des difficultés d'observation et de repérages : comment repérer la position du Soleil sans observer directement ce dernier ? Comment repérer cette position (en azimut et en hauteur angulaire) quand on ne maîtrise pas la mesure des angles ?
- En second lieu des difficultés de représentation : comment représenter le plus fidèlement possible le phénomène, sachant que toute représentation plane peut inférer des idées fausses ?
- En dernier lieu des difficultés de mémorisation des données : comment garder une trace, comment enregistrer ce mouvement de façon à le décrire et à pouvoir comparer ses variations possibles d'une saison à l'autre ?

Le dispositif dit "du saladier" permet une représentation qualitative et relativement fidèle de ce mouvement. Il constitue une représentation en trois dimensions qui, de ce fait, n'infère pas d'interprétations erronées comme pourrait le faire une représentation plane. De plus, il ne sollicite aucune mesure angulaire et est donc tout à fait adapté à des élèves de cycle 3 d'école primaire.

Pourtant, il n'est pas envisageable, de le proposer directement à des élèves de cet âge. En effet, pour que ce dispositif soit accepté, compris, il est nécessaire de lui donner du sens. Pour cela, on peut engager les élèves dans une démarche de modélisation qui les amène à construire eux-mêmes ce dispositif en tant que "modèle" apte à représenter cette réalité qu'ils cherchent à décrire et à expliquer.

En quoi le dispositif "saladier" peut-il être considéré comme un "modèle" ?

Nous définirons un modèle comme une construction intellectuelle théorique qui représente la réalité (ou une partie de celle-ci) et qui peut se substituer à elle pour réfléchir, expliquer, prévoir.

Pour le préciser, nous emprunterons l'outil proposé par J-M. Rolando (Rolando, 2003) qui consiste à mettre en correspondance respectivement les éléments retenus comme pertinents de la réalité avec les éléments du modèle qui les représentent.

Le modèle "saladier"	La "réalité de l'observateur"² terrestre
Planche horizontale	Le sol horizontal
Le bord circulaire du saladier	L'horizon céleste de l'observateur
Le centre du cercle (bord circulaire du saladier)	La position de l'observateur
La gommette	La position du Soleil sur la voûte céleste de l'observateur
Le saladier hémisphérique	La voûte céleste locale de l'observateur

Quelle démarche pour construire le modèle ?

La démarche de modélisation va consister à faire construire le modèle par les élèves, pas à pas, à partir de leurs observations et en fonction de leurs connaissances antérieures.

Les principales étapes de la construction du modèle seront donc :

- les représentations de l'horizon circulaire et de l'observateur ;
- l'acceptation d'une voûte céleste hémisphérique locale comme surface sur laquelle on représente les objets du ciel ainsi que sa matérialisation ;
- la matérialisation de la position du Soleil par une gommette sur la "voûte-saladier".

Un exemple de démarche effectivement réalisée dans une classe de CM2.

La démarche présentée a été mise en œuvre dans une classe de CM2 d'une école située en zone urbaine classée en Réseau d'Éducation Prioritaire. Elle vise à faire construire le "modèle du saladier" en vue de son utilisation comme dispositif d'enregistrement du mouvement apparent du Soleil à différentes dates de l'année.

En préalable à cette étude, les élèves ont acquis des connaissances qu'ils vont devoir mobiliser. Ils ont découvert les caractéristiques essentielles de la formation d'une ombre : ils savent que la lumière suit un trajet rectiligne dans un milieu homogène et

² Nous utilisons le terme "réalité de l'observateur" puisque la voûte céleste n'est pas un objet réel, mais un objet construit par l'observateur.

que pour qu'un objet soit vu par un observateur, il est nécessaire que la lumière issue de cet objet entre dans l'œil de cet observateur. Ils maîtrisent le repérage des points cardinaux à l'aide d'une boussole et ont construit une "rose des vents" par pliages successifs d'une feuille de papier, leur permettant ainsi de pouvoir repérer quelques points intermédiaires remarquables (nord-est, nord-ouest, sud-est, sud-ouest).

Nous ne relaterons pas dans ce qui suit l'ensemble de la démarche d'investigation. Nous n'évoquerons pas les phases de questionnements et nous nous bornerons à décrire uniquement les étapes du scénario correspondant à la construction du modèle par les élèves.

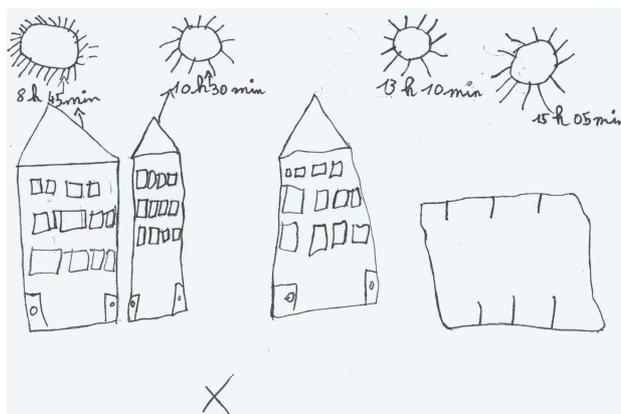
Étape 1 : observation peu guidée du mouvement du Soleil au cours d'une journée

Les élèves sont invités à observer la position approximative du Soleil dans le ciel depuis leur place dans la classe. Pour décrire oralement la position du Soleil, ils prennent des repères terrestres de l'environnement : le Soleil "est au-dessus de l'école maternelle" ou "du côté du parking". Puis, un jour, ils doivent lors des moments d'interclasse "observer et dessiner de la façon qui leur semble la plus précise" cette position depuis la cour de récréation. Afin d'effectuer cette observation sans danger, ils sont entraînés à cacher le Soleil avec un ballon de basket tenu à bout de bras, dont l'ombre portée se forme sur leur tête. La direction de leur bras indique alors la direction du Soleil. Ils s'aperçoivent alors que la position repérée depuis la cour par rapport à des objets de l'environnement proche diffère de celle repérée précédemment depuis la classe. Ce constat les amène à admettre la nécessité de conserver un même lieu d'observation

si l'on cherche à comparer les positions successives du Soleil au cours de la journée.

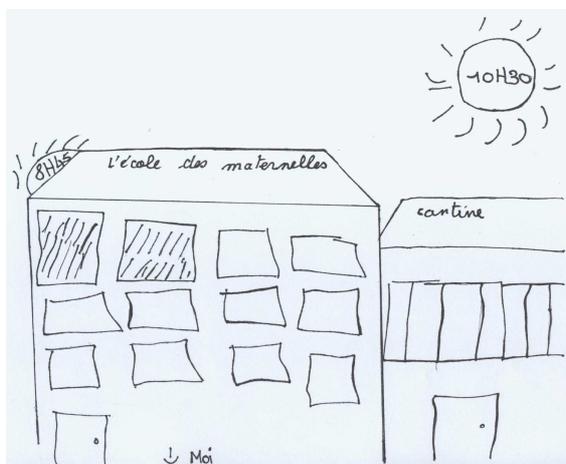
Les représentations dessinées depuis la cour varient. Certaines (comme celle de Flora) s'attachent à figurer fidèlement l'environnement ("l'école maternelle", "la cantine", le "parking", etc.) et à montrer le lieu d'"apparition" du Soleil le matin au niveau du "toit de l'école maternelle". Mais la feuille s'avère trop petite pour représenter les autres positions du Soleil et l'environnement et trois feuilles sont finalement nécessaires à Flora pour poursuivre son dessin.

D'autres élèves, comme Mamadou, relatent principalement le sens de déplacement du Soleil de

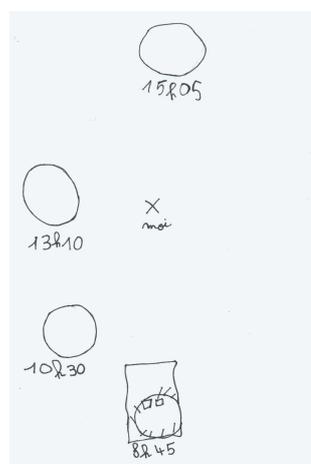


Dessin de Mamadou

la gauche vers la droite de l'observateur s'il est face au Soleil. La variation de la hauteur angulaire du Soleil n'est pas perçue, ce qui semble peu surprenant vu l'absence de repérage possible par rapport à un élément de l'environnement. D'autres encore, comme Colas, proposent des "vues de dessus de la cour", le Soleil tournant autour de l'observateur. Ils veulent peut-être mettre en évidence le changement de direction (en azimut) du Soleil par rapport à l'observateur.



Dessin de Flora



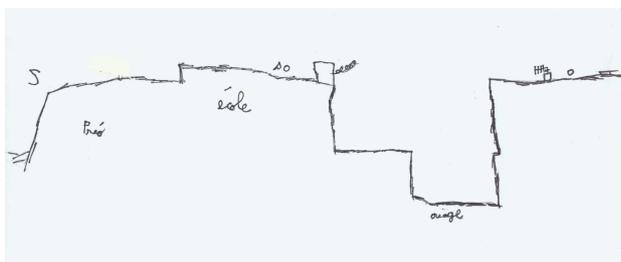
Dessin de Colas

Étape 2 : discussion orale autour des représentations

Suite à la présentation des différents dessins, une discussion s'engage dans la classe sur les observations et sur les représentations proposées. Un point commun s'impose : "quand on est face au Soleil, celui-ci se déplace de la gauche vers la droite". Chacun explique son mode de représentation. Colas a voulu montrer que "le Soleil tourne autour de nous". Les dessins de Flora (trois feuilles accolées) retiennent l'attention de la classe par leur précision, mais certains détails (comme les fenêtres des bâtiments) sont jugés superflus par rapport à l'objectif fixé. La nécessité d'un repérage précis pour pouvoir comparer les positions successives du Soleil fait consensus auprès des élèves. Les éléments de l'environnement pertinents à dessiner avec précision sont sélectionnés. Ainsi, le profil de l'horizon défini comme ligne délimitant le ciel et l'environnement terrestre pour l'observateur, est retenu ainsi que certains repères caractéristiques de la vue comme des cheminées, des arbres, des antennes, etc. Il est décidé aussi d'utiliser la boussole et la "rose des vents" de façon à repérer les points cardinaux de l'observateur sur la ligne l'horizon.

Étape 3 : tracé du profil de l'horizon local (par groupe)

Chaque groupe de 4 élèves s'organise de façon à tracer un profil de l'horizon. Tous décident de partager le travail de façon à ce que chacun prenne en charge le dessin d'un quart d'horizon (ex : du sud-est au sud-ouest ou bien de l'est au sud). Les élèves prennent alors conscience qu'ils doivent pivoter d'un tour complet sur eux-mêmes pour dessiner l'horizon complet.



Dessin d'élève d'une portion de profil d'horizon

Étape 4 : assemblage des profils d'horizon, présentation, discussion, position de l'observateur.

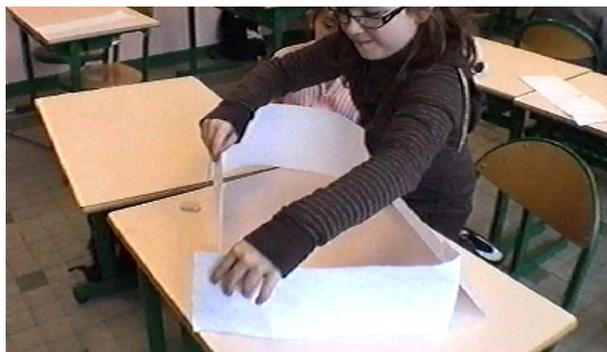
De retour en classe, les morceaux de profils sont assemblés. Tous les groupes proposent une frise plane. Les frises sont affichées au tableau et comparées. Il s'avère que les frises ne se super-

posent pas. Un assemblage est mis en défaut "d'ordre" des points cardinaux, tous les autres sont corrects et respectent bien l'ordre de la boussole (N-E-S-O).



Assemblage des 4 portions du profil d'un même horizon

Mais les frises débutent par des points cardinaux différents. Qui a raison ? Les élèves prennent alors conscience que l'horizon n'a ni "début" ni "fin". La solution qui met d'accord tous les groupes réside dans la réalisation d'une frise circulaire. L'horizon de l'observateur est donc circulaire.



Mise en forme circulaire du profil de l'horizon

La mise en forme circulaire de la frise scinde la classe en deux camps : les uns placent le dessin de la frise à l'intérieur du cylindre ainsi formé, alors que les autres le placent à l'extérieur. Une rapide discussion s'engage. Les uns affirment qu'il faut "tourner pour voir tout l'horizon" et ils montrent du doigt le tour du cylindre. Les autres confirment qu'il faut "tourner, oui mais comme ça", et ils miment le pivotement sur eux-mêmes.

L'enseignante propose alors des petites figurines (santons, pour ne pas citer de marques !) pour représenter les observateurs de la cour. Celles-ci sont placées au centre des frises circulaires (dessin à l'intérieur) et cette position convainc très rapidement ceux qui avaient placé le profil de l'horizon à l'extérieur du cylindre.

Cette étape montre que, pour un élève, se décentrer de la réalité n'est ni spontané, ni évident. La médiation de la petite figurine, pour se représenter soi-même, semble donc tout à fait nécessaire.



Étape 5 : assemblage d'une vue photographique panoramique et modélisation de l'horizon et de l'observateur.

L'enseignante propose ensuite de remplacer les dessins par 4 photos (plus précises que les dessins des profils) qui, assemblées correctement, constituent une vue panoramique depuis un des points d'observation de la cour de récréation.

L'assemblage est réalisé sans problème particulier, les élèves repèrent correctement les raccordements nécessaires. Les points cardinaux repérés précédemment sur l'horizon sont notés. Enfin, ils orientent la frise circulaire à l'aide de la boussole.



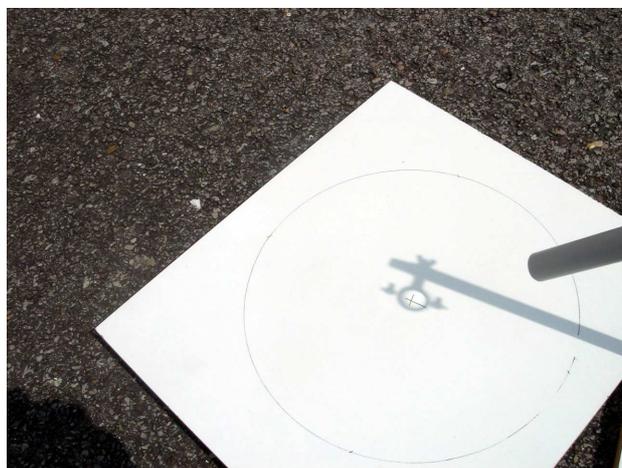
Orientation du panoramique

Étape 6 : matérialisation du Soleil et de sa direction

Quelle est la position du Soleil dans le ciel fictif de la figurine de la "maquette" ? La frise panoramique ne contient pas l'image du Soleil, elle ne représente donc pas le ciel dans son entier. Les élèves proposent d'aller dans la cour avec leur modèle (frise, figurine posée sur une planche figurant le sol) pour "expérimenter" et tenter de placer le Soleil dans la maquette.

Lors de séquences précédentes, les élèves ont appris à mettre en évidence la propagation rectiligne de la lumière en "piégeant des faisceaux de lumière" à l'aide de cartons percés alignés et à l'aide de tubes creux rectilignes. Ils reprennent donc les accessoires déjà utilisés : tubes creux, cartons percés et essaient de nouveau de "piéger le faisceau de lumière" de façon à "éblouir" la figurine. Avec des tubes pleins et des baguettes rectilignes d'autres essaient de faire une ombre sur

la figurine "pour qu'elle ne voie pas le Soleil". Ils constatent alors que les tubes sont tous parallèles et indiquent la direction du Soleil pour leur figurine (alignement figurine-creux du tube-Soleil, matérialisé par le tube). Ils constatent également que le Soleil ne peut pas être présent sur la photo panoramique étant trop haut dans le ciel à ce moment de l'observation. Certains proposent de placer une petite balle ou un disque à l'extrémité du tube pour représenter le Soleil dans la maquette.



Visée du Soleil (par la figurine) à l'aide d'un tube (l'ombre qui apparaît sur le socle est l'ombre du support vertical du tube)

D'autres élèves s'affranchissent de la frise circulaire (qui se déforme) et de la figurine pour les remplacer respectivement par un cercle et par une croix.



Matérialisation de la position du Soleil en cachant la figurine dans l'ombre d'une boule par rapport au Soleil

D'autres au contraire la conservent comme une nécessité pour donner du sens à ce qu'ils sont en train de réaliser.

Les élèves qui ont matérialisé le Soleil par une petite boule ou un disque constatent qu'en supprimant le tube, l'ombre du disque se forme sur la croix, preuve supplémentaire de l'alignement "croix-disque-Soleil".

D'autres proposent de matérialiser le Soleil par une boule et sa direction par une tige plantée dans de la pâte à modeler au niveau de la croix.



Matérialisation du Soleil (par la boule) et de sa direction (par une tige)

Le dispositif est séduisant et les élèves sont heureux d'avoir trouvé une solution. Mais très vite ils se rendent à l'évidence des fragilités de ce dispositif : le socle mou en pâte à modeler s'affaisse, et il sera impossible de planter en un même point toutes les tiges correspondant à chaque relevé.

Étape 7 : matérialisation de la voûte céleste

À ce stade de la modélisation, l'enseignante impose deux contraintes : le Soleil, reste à une distance constante à la Terre durant la journée et toutes les positions du Soleil représentées sur le modèle doivent figurer sur un même support rigide. Les élèves proposent alors deux solutions : un cylindre très haut (dans le prolongement de celui de la frise) "mais avec un toit" pour couvrir tout le champ du ciel visible depuis la Terre ou bien un parapluie transparent.

Le dôme transparent est alors proposé par

l'enseignante ("saladier") et la méthode de repérage est expérimentée par la classe.

Les élèves ont alors construit le modèle, ils seront en mesure de l'utiliser pour observer et enregistrer le mouvement apparent journalier du Soleil au fil des saisons. Cette démarche de modélisation leur a permis de saisir le sens du "dispositif saladier".

Elle leur a donné l'occasion de se décentrer de la réalité, dont ils sont partie prenante, de réfléchir sur cette réalité en se positionnant dans l'espace dans une vision virtuelle totalement impossible.

Il est à espérer qu'ils seront en mesure d'interpréter une représentation de type "vue en extérieur" du mouvement sur la voûte céleste, représentation la plus précise du mouvement apparent du Soleil.

Cette démarche a été mise en œuvre par Mme Yvonne Le Roy, Professeure d'école en classe de CM2, à l'école Jean Jaurès d'Oissel (Seine-Maritime) en 2006-2007 et en 2007-2008, avec l'appui de l'IUFM de Haute-Normandie.

Références bibliographiques

CAUSERET P. (2007). "Comment représenter le mouvement apparent du Soleil ?" Les Cahiers Clairaut 119, 9-15.

CAUSERET P., FOUQUET J.-L., SARRAZIN-VILAS L. (2005). "Le ciel à portée de main, 50 expériences d'astronomie". Belin, Paris.

LAINE M. & TRYOËN V. (1991). "La course du Soleil pendant une journée". Les Cahiers Clairaut Hors série n°1.

M.E.N (2007) : BO Hors série n° 5, 12 Avril 2007.

M.E.N. (2002): BO Hors série n° 1, 14 Février 2002.

M.E.N. (2002) : documents d'application des programmes, fiches connaissances.

M.E.N. (2002) : documents d'application des programmes, Sciences et technologie, cycle 3.

MERLE H., GIRAULT Y. (coord.), (2003) : "L'enseignement de l'astronomie", ASTER n° 36. INRP, Paris.

MERLE H. (2000) : "Comment aider les élèves à modéliser "le ciel et la Terre" Aster, 31, 37-70.

ROLANDO J.-M. (2003) : "L'astronomie à l'école, Construire des compétences et des savoirs au cycle 3". Delagrave, Paris. ■

Levers et couchers de Soleil : est-ce la Terre qui tourne sur elle-même ou le Soleil qui tourne autour de la Terre ? Un argument culinaire.

"Car il serait aussi ridicule de croire que ce grand corps lumineux [le Soleil] tournât autour d'un point dont il n'a que faire, que de s'imaginer quand nous voyons une alouette rôtie, qu'on a, pour la cuire, tourné la cheminée à l'entour." Cyrano de Bergerac. L'autre monde ou les États et Empires de la Lune.