

Construire (encore !) un cadran solaire en école primaire

Les collègues qui pratiquent avec leur classe cette activité apprécieront, outre les détails techniques, les remarques éclairantes sur le temps qu'il faut, les recherches à faire et à prolonger, les difficultés, et les réussites, que nous donne ici Dominique Balin. Il se dégage de son article une ambiance, celle de sa classe, tout à fait sympathique.

Astronomie et enseignement primaire font bon ménage car la curiosité des jeunes enfants est réelle. Peu d'élèves sont déjà blasés. Mais surtout la dimension temps n'est pas une contrainte. L'enseignant dispose de dix mois pour mettre en place les observations, les analyser et en tirer tous les enseignements possibles. Et puis s'il pleut ce lundi, ce n'est pas bien grave, nous recommencerons mardi ou jeudi, ou la semaine prochaine...

Je vais donc vous décrire comment nous en sommes arrivés, mes élèves et moi, à construire des cadrans solaires. Le cheminement que nous avons suivi, certains problèmes que nous avons rencontrés et les réponses que nous y avons apportées.

Tout d'abord je tiens à préciser que j'ai intégré à mon emploi du temps une séance hebdomadaire de "Réponses aux questions".

Au fond de ma classe est accrochée une "boîte à questions" (décorée d'une photo de la galaxie d'Andromède) dans laquelle les enfants déposent des questions signées de leur nom. Ces questions sont le plus souvent des demandes d'explications complémentaires mais elles peuvent porter sur n'importe quel thème scolaire ou non.

Si certains élèves peuvent répondre, ils le font. Le plus souvent j'explique. Parfois nous décidons de faire une étude en classe et des volontaires font des recherches avant exposés.

Mon année d'astronomie avec ce CM2 a commencé dans la cour de l'école, à la mi-septembre, un jour de grand soleil pendant une mise en rang. Un enfant faisait le pitre et je regardais son ombre. Immédiatement, une question a fusé :

"Qu'est-ce que vous regardez M'sieu ?"
"- L'ombre de Sébastien."

Et nous nous sommes retrouvés une dizaine à regarder l'ombre de Sébastien qui se demandait, inquiet, ce qu'on lui voulait.

Arrivé en classe, j'ai expliqué "l'incident" pour rassurer Sébastien et annoncer que ceux qui avaient des questions n'avaient qu'à les mettre dans la boîte prévue pour ça.

Voici, remaniées, quelques unes des questions déposées ce jour-là :

"Pourquoi vous avez regardé mon ombre et pas celle des autres ?"

"De quoi c'est fait une ombre ?"

"C'est vrai qu'on peut perdre son ombre ?"

"Pourquoi dans la cour j'ai qu'une ombre alors qu'à mon entraînement de foot j'en ai quatre ?"

"Pourquoi mon ombre est plus grande que moi ?"

Bref, j'avais réussi ma manipulation de masse. Les élèves avaient intégré le rôle de la boîte à questions et nous allions commencer avec envie et curiosité la leçon sur les ombres et la lumière.

Si la notion d'ombre portée passe bien un jour de grand soleil, celle d'ombre propre est plus difficile à appréhender car moins visuelle. Pour cela, il est plus parlant de faire l'obscurité dans une pièce et d'utiliser une source de lumière artificielle.

Suite à cette leçon, une de nos activités parallèles a été un concours d'ombres chinoises.

Pour la notion d'ombre et source de lumière, nous avons planté un bâton dans une des pelouses de l'école. Nous avons observé la variation de la dimension de l'ombre, qu'elle "tournait" par rapport au soleil "qui se déplaçait dans le ciel".

Une des questions que se sont posées les élèves fut un grand sujet de polémiques :

"Quand l'ombre portée était-elle la plus grande ? Le matin ou le soir ?"

Résoudre ce problème n'a pas été une mince affaire ! Voici les principaux obstacles rencontrés :

- faire des relevés fiables sur une pelouse,
- faire des relevés en nombre suffisant sachant que les enseignants ne peuvent laisser circuler les élèves seuls dans les couloirs (une fois ou deux, passe, mais toutes les quinze minutes, fréquence choisie à l'unanimité, ça ne va pas),
- le jeu consistant pour certains à déplanter le gnomon,
- l'heure de la montre qui, avec son décalage légal, pervertit la notion de matin et d'après-midi,

- mais surtout, nous arrivions trop tard et repartions trop tôt de l'école pour répondre par observation.

Comme les fenêtres de la classe étaient orientées plein Sud, notre première réponse a été de faire les relevés en intérieur. Sur une planche avec un grand clou planté verticalement par dessous nous fixions une grande feuille de papier d'emballage et faisons nos relevés. La planche était calée à l'aide d'une équerre pour que sa position soit toujours la même. Nous faisons une croix à la pointe de l'ombre, puis nous notons l'heure. Très vite, les relevés ont été faits à heures fixes.

Il nous a fallu trois jours de relevés pour acquérir la notion de midi solaire et beaucoup plus pour expliquer l'heure légale qu'elle soit d'été ou d'hiver. Quant au pourquoi du changement d'heure, mes raisons n'ont convaincu personne. On aime bien le changement d'heure de septembre car on "gagne" une heure et on n'aime pas celui de mars car on nous "vole" une heure...

Le mouvement apparent du soleil au cours de l'année s'est trouvé mis en évidence après trois semaines d'interruption dans les observations pour cause de météo défavorable. Quand le soleil est enfin réapparu, nous avons fait nos relevés sur la feuille déjà utilisée précédemment en pointant l'ombre avec une autre couleur. Les ombres étaient toutes plus grandes pour des relevés à des heures à peu près équivalentes.

Par la suite, nous avons fait quelques relevés sur une feuille de papier calque afin de pouvoir comparer les résultats à deux dates différentes.

Nous avons à cette occasion compris que la longueur de l'ombre dépend de la hauteur de la source de lumière, que le soleil n'était pas toujours à la même hauteur et une interrogation demandant si les saisons avaient à voir avec ça a été posée dans notre boîte aux questions.

Le mouvement apparent du Soleil est difficile à imaginer par les élèves. Concevoir que le Soleil est fixe et que l'on tourne alors que l'on ne sent rien... Ceux qui prenaient souvent le

métro ont plus rapidement compris car ils ont fait la comparaison avec le déplacement de la rame quand elle quitte la station et l'impression visuelle que c'est la station qui se déplace.

Enfin, pour répondre à la question de départ, à savoir : "A quel moment l'ombre est-elle la plus grande ? Le matin ou le soir ?", nous avons finalement utilisé une lampe de poche comme source de lumière. La polémique s'est terminée sur un match nul. Pas de gagnants, mais surtout, chose essentielle, pas de perdants. L'ombre est aussi longue au lever qu'au coucher, quand le soleil est rasant.

Cette histoire d'ombre la plus longue nous a ramené à l'ombre la plus courte et au midi solaire (nous avons parlé à cette occasion des méridiens).

Connaissant midi au soleil, connaissant l'existence des cadrans solaires, comment connaître l'heure quand on n'a pas de montre ? Comment lire l'heure sur un cadran solaire et est-ce qu'il est possible d'en construire un ?

Un premier cadran, empirique, a été tracé sur notre planche de relevés en utilisant une feuille ayant un grand nombre de repères. Placer les heures solaires en partant des heures légales fut une véritable galère !

De quel côté était le matin et le soir ? Fallait-il enlever ou rajouter les heures ?

D'autres questions que se posèrent les élèves compliquèrent la situation : Comment gérer la différence de longueur d'ombre du style ?

Et si on déplace le cadran ? Faut-il indiquer l'heure solaire ou l'heure légale ?

Une semaine de pluie plus tard, ayant constaté que notre cadran solaire "donnait bien" l'heure malgré un intempestif déplacement de notre installation pour cause de nettoyage, nous décidâmes de nous lancer dans des constructions individuelles.

Dans un premier temps, j'avais pensé à la réalisation d'un cadran équatorial en bois.

L'intérêt de ce cadran est la relative

simplicité des tracés.

Un des inconvénients est que les découpes du bois ne peuvent être faites en classe et au final, les élèves ne font qu'un assemblage ce qui n'est guère intéressant.

Il fallait donc se poser la question des matériaux utilisables en classe. Matériaux pouvant être travaillés par des mains d'élèves. Et là, apparaissent des problèmes insoupçonnables au premier abord.

Par exemple, interdiction d'utiliser un "cutter" en classe (même pour l'enseignant !), proscription de certaines colles (les plus efficaces) que les élèves pourraient "sniffer"...

Mon choix s'est fixé sur le bristol, matériau un peu rigide découpable avec des ciseaux à bouts ronds.

Hélas, avec ce matériau trop souple, impossible de faire un cadran équatorial.

Un autre inconvénient à la réalisation d'un cadran équatorial est que nous avons toujours observé sur un plan horizontal et qu'il valait mieux continuer de travailler dans des représentations déjà bien installées chez les élèves.

Le type de cadran solaire choisi a donc été le cadran horizontal.

Cherchant la facilité, j'ai cherché dans différents livres de "Travaux manuels" un modèle simple dans la construction et la réalisation. Tous utilisaient la colle pour fixer le style et il était difficile voire impossible d'avoir un style bien vertical. Le bristol est trop souple pour bien rester en forme au niveau des plis et après collage il se déforme légèrement.

La réponse au problème de la colle (et de la précision du collage des élèves !) fut de la supprimer.

Le cadran finalement proposé aux élèves nécessite deux demi-feuilles de bristol et pas de colle. La table du cadran a une entaille et le style, fait par pliage, s'insère dans cette entaille.

Les tracés des secteurs angulaires des heures sont plus difficiles puisqu'inégaux, mais en primaire, ce n'est pas dramatique de donner directement les valeurs aux élèves en leur disant que les calculs sont trop compliqués pour eux (ce qui est vrai d'ailleurs !).

Voici donc, remaniées pour cet article, les différentes étapes de construction du cadran solaire horizontal qui ont été détaillées par notre groupe classe.

Construction du style

Nous avons utilisé des cartes de visite de récupération dont les dimensions étaient 15 sur 10 cm.

1 - Tracer un segment [AO] partageant la longueur de la feuille en deux parties égales ($2 \times 7,5$ cm).

Ce segment matérialisera après pliage le style du cadran solaire.

2 - Tracer un segment [OC] dont l'angle AOC a pour mesure la latitude du lieu où vous comptez utiliser le cadran.

Sur l'exemple, 48° correspond à la latitude arrondie de Paris.

3) Tracer le segment [OC'] symétrique du segment [OC] par rapport à la droite (OA).

4) Plier soigneusement la feuille en suivant le segment [OA], trait à l'extérieur du pli.

5) Plier soigneusement la feuille en suivant le segment [OC], trait à l'intérieur du pli.

6) Plier soigneusement la feuille en suivant le segment [OC'], trait à l'intérieur du pli.

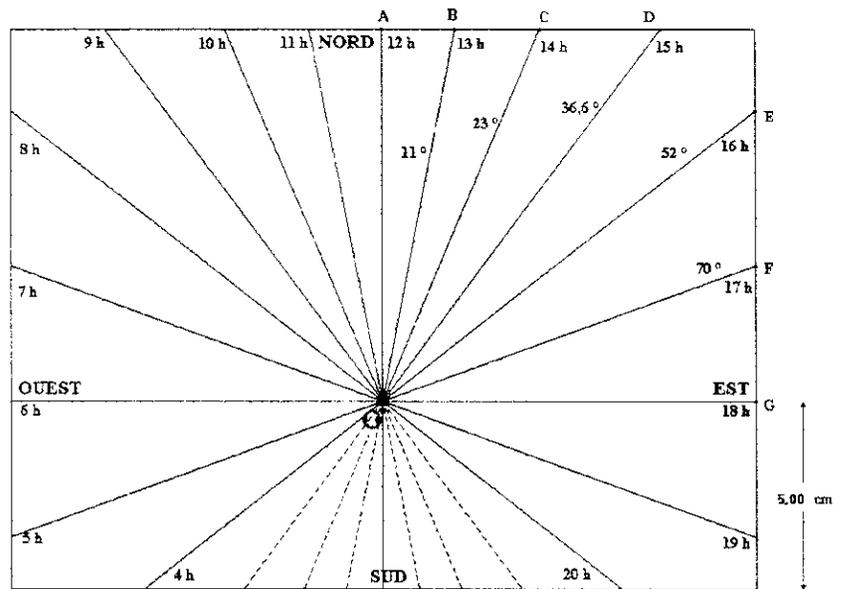
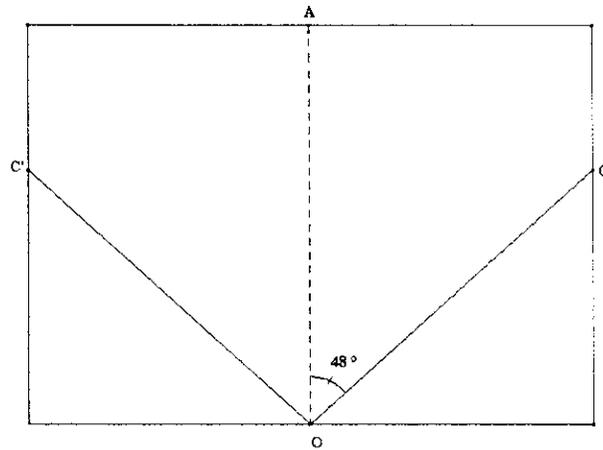
Le style est terminé. Pour l'utiliser, on le pliera le long de l'axe (AO), on l'insérera dans la table du cadran, les deux triangles servant à stabiliser et rigidifier l'ensemble.

Construction de la table

Prévoir un bristol un peu plus épais que celui du style. Une feuille de 15 sur 21 cm convient (nous avons utilisé une feuille $21 \times 29,7$ coupée en deux).

1- Tracer une droite partageant la longueur de la feuille en deux parties égales de 10,5 cm de large. Ce sera l'axe Nord-Sud du cadran.

2 - Tracer à 5 cm d'un bord une droite perpendiculaire à l'axe Nord-Sud. Ce sera l'axe Est-Ouest. Attention à bien positionner les quatre points cardinaux.



3 - Tracer les angles que vous aurez précédemment calculés dans la partie Nord-Est par exemple (La méthode de calcul est indiquée plus loin dans l'article). Prolongez les segments dans la partie Sud-Ouest. Cinq calculs suffisent car les marques sont symétriques par rapport à l'axe Nord-Sud.

Terminer les tracés. Les valeurs placées sur la figure sont valables pour la latitude de Paris.

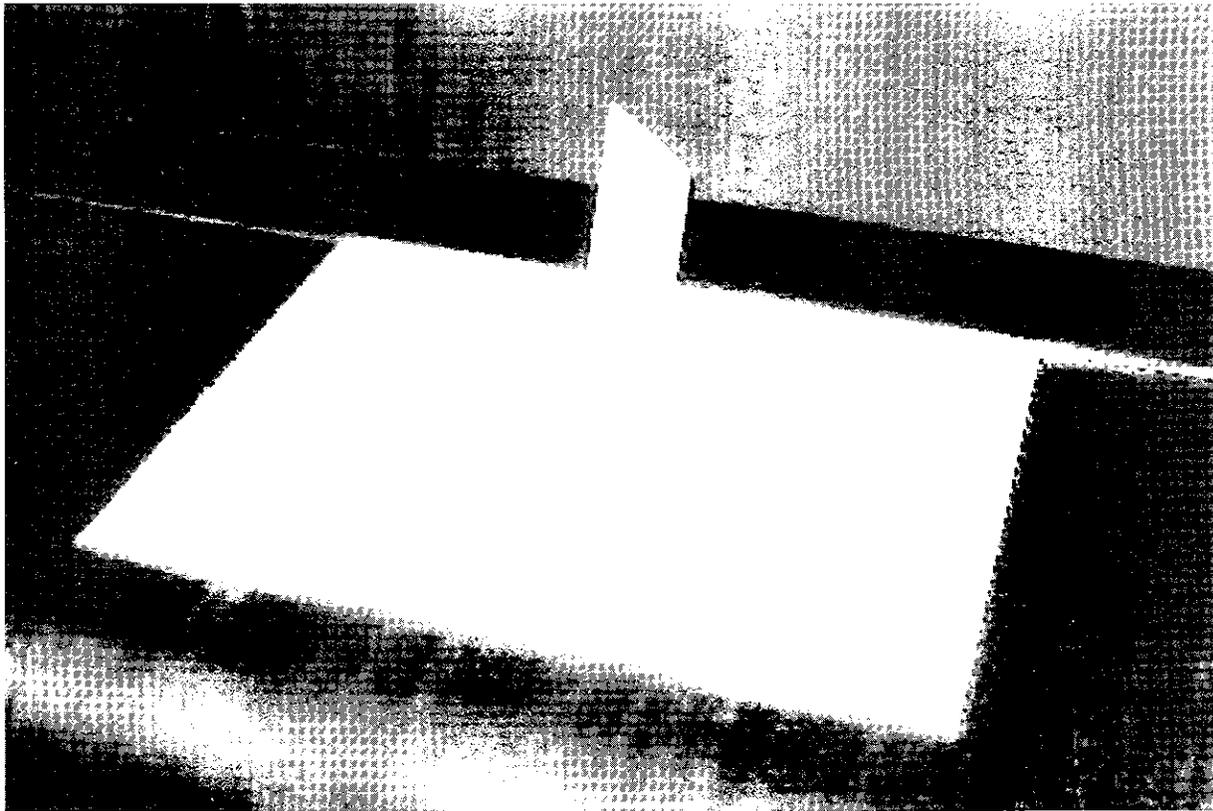
4 - Placer les heures.

5 - Sur le segment [OA], faire une fente de 1 mm de large. Attention à ne pas dépasser le point O. Le style sera inséré dans cette fente.

Calculer les angles

Pour ceux qui seraient rebutés par les calculs, il est toujours possible de faire les tracés de façon approximative en notant (après avoir réglé une montre sur le temps local moyen) la position de l'ombre toutes les heures. Dans cette hypothèse, il vaut mieux pratiquer cette démarche le 15 avril, le 15 mai, le 1er septembre ou le 24 décembre, dates où la différence entre l'heure des montres et du cadran est infime. L'écart maximum, lié à l'équation du temps dépasse 16 minutes le 4 novembre.

Un des inconvénients, si vous faites ces relevés en classe, est d'être limité aux heures d'ouvertures scolaires.



Comme tout bon pessimiste qui se respecte, le jour non reportable où vous voudrez faire vos relevés, prévoyez une leçon sur les différents types de nuages.

Pour calculer, en degrés, les cinq angles de façon précise, on peut utiliser les formules suivantes où φ désigne la latitude du lieu.

$$\begin{aligned} \tan AOB &= (\tan 15) (\sin \varphi) \\ \tan AOC &= (\tan 30) (\sin \varphi) \\ \tan AOD &= (\tan 45) (\sin \varphi) \\ \tan AOE &= (\tan 60) (\sin \varphi) \\ \tan AOF &= (\tan 75) (\sin \varphi) \end{aligned}$$

On trouve, avec pour Paris $\varphi \approx 48^\circ$, respectivement : 11° , 23° , $36,6^\circ$, 52° et 70° .

Il est inutile de calculer d'autres angles car les marques sont symétriques par rapport à l'axe Nord-Sud.

En conclusion, cette année-là, l'Astronomie a été le moteur interdisciplinaire de nos activités.

Nous avons certes réalisé des cadrans solaires, mais nous avons aussi, souvent sans rentrer dans les

détails, répondu à bien d'autres interrogations portant sur les saisons, l'arc en ciel et la décomposition de la lumière (merci aux bricolages des Universités d'été du C.L.E.A.), la Lune (phases, marées), le Soleil (et ses taches), les planètes, les étoiles, les comètes (passage d'Hale-Bopp), les galaxies...

A mes yeux pourtant, ces nouvelles connaissances ne sont pas le plus important. Ce groupe classe a levé le nez sur ce monde qui l'entoure. Pour ces élèves, la Lune, le Soleil, les étoiles ne sont plus seulement des éléments d'un décor. Ils ont pris corps par observation ou par questionnement. Ils se sont concrétisés.

Leur univers s'est élargi à l'Univers.

Références :

Pour en savoir plus sur le cadran solaire horizontal : <http://physique.paris.iufm.fr/cadran-solaire>
 Pour connaître votre latitude : <http://www.ign.fr>

Dans les Cahiers Clairaut :

- Cadran solaire à trois dimensions. Daniel Toussaint CC11
- Cadran solaire. J. Ollier CC17
- Cherchons midi à 14h. Jacky Dupré CC27
- Equation du temps. Jean-Claude Allard CC31
- Comment utiliser le cadran solaire sphérique d'Aix en Othe ? Daniel Toussaint CC28
- Un cadran solaire avec la main. J-Paul Parisot et Françoise Suagher CC42
- Le canon solaire de l'ENG de Douai. Michel Laisne CC49
- Un cadran bifilaire. CC65-66. Paul Perbost.
- Le cadran solaire de Freeman : un cadran solaire indépendant de la latitude. Paul Perbost CC77-79
- Un simulateur de cadran solaire. Esteban Esteban et Rosa Maria Ros 80
- Style vertical ou style incliné ? Laurence Portier Cc84
- Un cadran solaire en CM2. Stéphanie Redondy et Magali Girardot CC92
- Un cadran solaire demi-cylindrique. Pierre Causeret CC94.