



Un clown pour expliquer le fonctionnement d'un cadran sphérique.

Daniel Toussaint

En complément de l'étude d'un cadran solaire sphérique déjà parue dans les Cahiers Clairaut sous le nom "d'horosphère" et disponible sur le CDRom du CLEA, voici une approche plus ludique et plus intuitive.

Présentation

C'est une maquette ludique en forme de tête de clown que j'ai imaginée pour le club d'astronomie du collège d'Aix-en-Othe quand en 1983-84, nous avons réalisé un cadran solaire sphérique. Cette maquette avait pour fonction d'aider les élèves à comprendre qu'un globe terrestre bien placé peut donner une idée de l'heure locale et de la date. Nous l'avons utilisée avant de réaliser en résine polyester le globe qui sert de fond au cadran sphérique.

La tête peut être réalisée en matériau fragile (polystyrène) car elle ne sort pas souvent.

Le cadran soumis en toutes saisons aux intempéries a assez bien résisté depuis son installation. Nous ne l'avons démonté qu'une seule fois pour le repeindre et lui repasser une couche de vernis marine. Il faudrait sans doute recommencer, mais ce n'est pas sûr qu'il puisse supporter sans dommage l'opération...

Problématique

Pour donner du sens au projet soumis aux élèves, je l'avais ancré sur leurs expé-

riences personnelles de téléspectateurs sportifs : ils savaient que les retransmissions en direct des événements lointains sont souvent affectées par le décalage horaire.

Nous voulions réaliser un appareil simple à utiliser (mais pas forcément simple à construire !) répondant à la question suivante : "Si on veut téléphoner à un correspondant étranger, comment savoir si on ne risque pas de le déranger en pleine nuit ?".

Outre les problèmes techniques (tels que la réalisation d'un globe peint capable de passer des années dehors), cette question faisait appel à plusieurs notions théoriques sous-jacentes que je n'avais pas indiquées d'avance aux élèves afin d'éviter de les submerger.

La tête de clown ne joue aucun rôle dans la réalisation du cadran lui-même. Elle est utile soit pour le concevoir, soit tout simplement pour faire comprendre l'importance de l'homothétie lors de la mise en station du globe final (le mot "homothétie" est inconnu au collège mais la notion est suffisamment intuitive pour être abordée en club).

Allers-retours observation-raisonnement

Etape n° 1 : observation de l'ombre propre d'une boule opaque de teinte claire.

Si la source lumineuse est peu étendue et éloignée (Soleil, projecteur sans objectif), alors l'ombre propre de la boule est un hémisphère aux limites mal définies situé à l'opposé de la source.

Etape n° 2 : l'ombre propre d'un globe terrestre est-elle à la même place que la nuit sur la Terre ?

Poser un globe terrestre sur une table ensoleillée et observer son ombre propre. Elle couvre l'hémisphère situé à l'opposé du Soleil, tout comme le fait la nuit sur la Terre.

Mais si le globe a été posé sans préméditation, il est probable que les continents qui sont plongés dans la nuit à cet instant, sur la vraie planète Terre, ne correspondent pas à ceux qui sont dessinés dans l'ombre propre du globe.

Etape n° 3 : observation des ombres propres de plusieurs boules éclairées par des rayons parallèles.

Elles sont toutes du même côté, même quand les boules ont des diamètres différents. C'est cette observation triviale qui permet au cadran sphérique de fonctionner.

Etape n° 4 : réalisation de la tête de clown.

La tête proprement dite n'est autre qu'une boule de polystyrène expansé sur laquelle on a dessiné des yeux et des sourcils de couleurs différentes (l'œil gauche est rouge, et le droit est noir). On a aussi dessiné la bouche et un point à la place du nez. Une baguette enfoncée dans le polystyrène sert de support.

Sur une petite boule jaune montée sur pivot, on a dessiné les mêmes éléments en plus petit, tout en respectant les couleurs. Puis on a piqué cette petite boule à la place du nez.

Etape n° 5 : observation des ombres propres sur la tête et le nez du clown.

Si le nez placé dans une zone ensoleillée est tourné sur son axe de manière quelconque (voir photo 1), les dessins de chaque boule n'occupent pas les mêmes positions par rapport aux ombres propres.

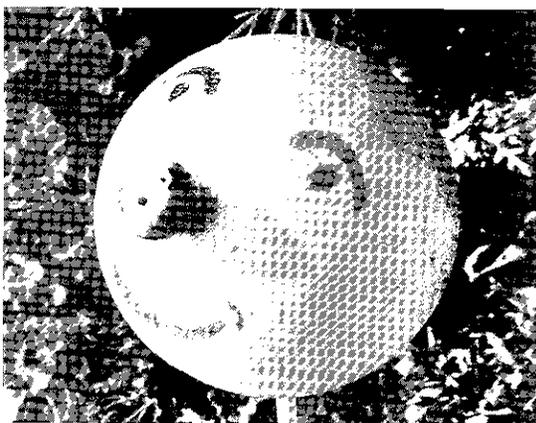


Photo n° 1 : le nez du clown est mal orienté. Les ombres propres de la tête et du nez sont du même côté, mais il n'y a pas de correspondance entre les dessins situés dans ces ombres.

Etape n° 6 : orientation correcte du nez.

Si on prend la précaution de faire pivoter le nez sur son support jusqu'à ce que le nez et la tête se déduisent l'un de l'autre par une homothétie (voir photo 2), alors les détails dessinés sur chaque boule occupent les mêmes positions par rapport aux ombres propres.

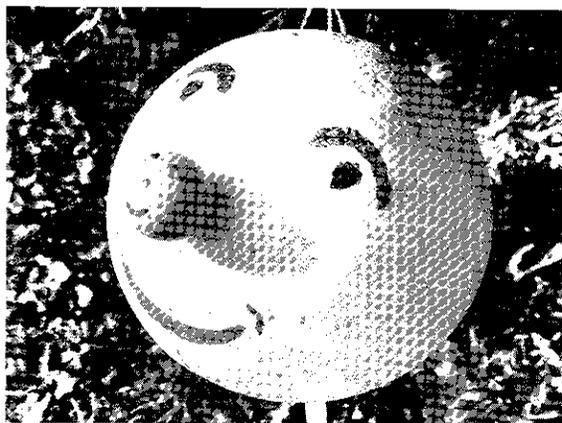


Photo n° 2 : pour que les ombres propres des deux boules atteignent l'œil rouge au même instant, il faut que les dessins sur la tête et le nez aient la même orientation (homothétie des dessins).

Etape 6 bis (facultative, mais qui plaît aux enfants) : la danse du clown.

Si on fait tourner lentement le clown au soleil, on voit très bien que les zones qui se correspondent sur la tête et le nez entrent et sortent de l'ombre en même temps.

Etape n° 7 : application à la planète Terre.

Si on pouvait prendre du recul et observer la Terre de l'extérieur (par exemple en allant sur la Lune), on verrait directement quels sont les continents situés dans la nuit.

Mais comme on a les pieds sur la Terre, il faut user d'un artifice et transposer l'expérience faite avec la tête de clown.

La Terre n'est qu'une grosse boule éclairée par le Soleil : elle peut donc jouer le rôle de la tête de clown (la nuit est son ombre propre et les continents jouent le rôle des dessins du visage).

Il reste à réaliser la petite boule qui joue le rôle du nez et bien la placer pour pouvoir deviner la position de la nuit sur la grosse boule rien qu'en regardant la petite.

Etape n° 8 : réalisation de la boule qui joue le rôle du nez du clown.

Si on veut seulement une sphère de démonstration, il suffit d'utiliser un globe terrestre représentant la géographie physique et de lui confectionner un support qui permette de bien l'orienter.

Mais si on veut la laisser dehors pendant des années, il faudra la réaliser avec les mêmes matériaux que les carrosseries de voiture (ce que nous avons fait, mais cela a pris deux ans !)

Etape n° 9 : mise en station de ce globe.

Il faut correctement l'orienter pour qu'il devienne homothétique de la Terre.

Son axe des pôles doit être dirigé vers le pôle céleste.

C'est bien sûr l'occasion d'utiliser un gnomon pour faire coïncider le plan méridien local du globe réduit avec celui de la Terre avant d'incliner l'axe pour que son angle avec l'horizon soit égal à la latitude.

Etape n° 10 : vérification de l'inclinaison du globe.

Si on y pose des petits personnages debout (voir photos 3 et 4), le seul qui nous soit parallèle est posé sur la France. Cette opération permet de répondre concrètement à l'affirmation : "Mais il est mal incliné ce globe !" et de faire comprendre que l'inclinaison de l'axe des pôles sur l'horizon n'est pas l'inclinaison sur l'écliptique.

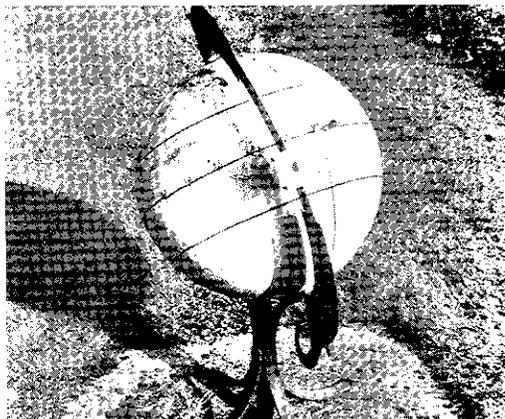


Photo n° 3 : le personnage debout sur la France indique que le globe est bien incliné, mais le serpent méridien porte une ombre large. Il faut le faire tourner pour affiner l'ombre.

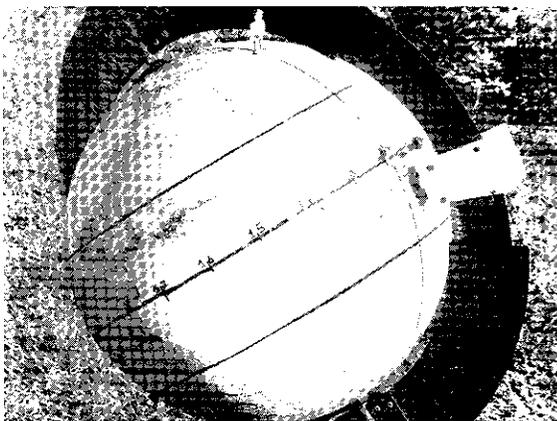


Photo n° 4 : L'ombre fine du serpent est la trace virtuelle du plan méridien qui contient le Soleil à cet instant. Les heures sont indiquées à partir du plan méridien local qui porte la graduation 12 heures.

Etape n° 11 : exploitation du globe terrestre.

La réponse à la question préliminaire devient évidente dès qu'il fait soleil : d'un seul coup d'œil on voit si nos correspondants sont dans l'hémisphère-jour ou dans l'hémisphère-nuit. Et ce qui est vrai sur ce globe l'est aussi sur la Terre elle même.

Les perfectionnements ou comment transformer le globe en cadran solaire sphérique.

S'il s'agit de réaliser une maquette temporaire qui donne la position des hémisphères jour et nuit, le travail est terminé dès que l'on a réussi à orienter le globe comme la Terre pour qu'il soit éclairé de la même façon qu'elle.

Mais si le globe a été traité pour résister aux intempéries, la tentation est grande de le compléter par quelques accessoires qui permettent de lire plus précisément l'heure locale et d'indiquer la saison.

Ce dispositif mobile doit donner la position exacte du centre de l'hémisphère éclairé (appelé quelquefois "le pied du soleil"). On voit sur les photos 3 et 4 qu'il est en deux parties :

- un serpent découpé dans une tôle de laiton qui est fixé à frottements doux sur l'axe des pôles.
- un curseur en plastique rigide (en blanc sur les photos) percé d'un trou cylindrique dirigé vers le centre du globe.

Le serpent matérialise ainsi un plan méridien dont on peut choisir la longitude.

L'utilisateur doit le positionner lui-même en observant son ombre portée sur le globe : quand cette ombre est large, le serpent est mal placé (voir photo 3). Mais quand il est éclairé par la tranche (voir photos 4 et 5), son ombre portée sur la boule est fine et elle correspond au méridien qui contient le Soleil à cet instant.

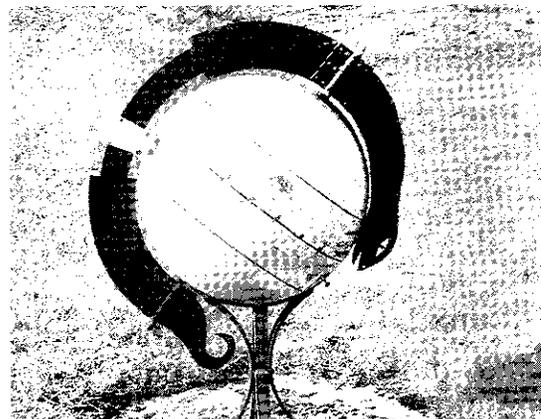


Photo 5 : Le cliché ayant été pris en automne, la tache de lumière sous le curseur troué situe le centre de l'hémisphère éclairé au sud de l'équateur.

L'heure solaire locale n'est autre que la mesure de l'angle dièdre entre ce méridien et celui du lieu où se trouve le cadran. Pour une lecture directe de l'heure, il suffit de graduer l'équateur tous les 15° à partir du méridien du lieu.

Le curseur n'a qu'un seul degré de liberté le long du serpent méridien, de sorte que le trou est toujours radial. Il faut le faire glisser jusqu'à ce que la lumière solaire pénètre au fond du trou et indique sur le globe quel point a le Soleil au zénith. La latitude de ce point donne la date, mais pour ne pas alourdir les tracés, nous avons seulement fait apparaître les tropiques et l'équateur de façon à marquer les changements de saisons.