

OBSERVATION DE LA MARCHE DU SOLEIL AU COURS DE LA JOURNEE

Cet atelier repose sur des observations extrêmement simples. Les participants étaient invités à effectuer de courtes observations pendant quelques jours. La participation a été très active et enthousiaste.

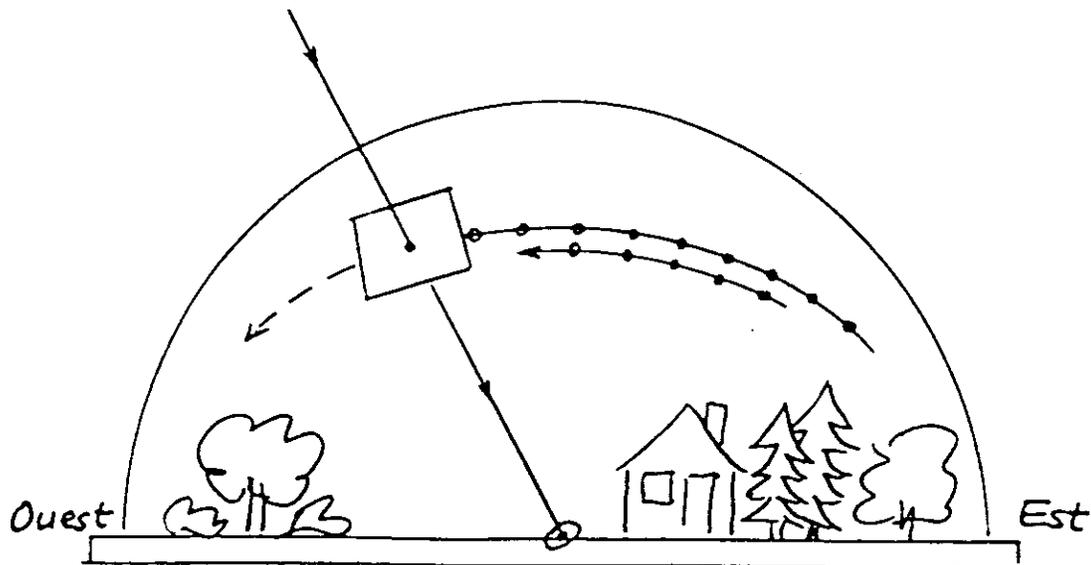
Deux méthodes étaient proposées pour tracer la "route" apparente du Soleil :

- Tout au long de la journée, on repère la position du Soleil sur une demi-sphère transparente installée sur une table à l'extérieur.
- Chaque matin, pendant 1/4 d'heure on repère la position apparente du Soleil sur la fenêtre de la salle de classe.

Ces deux méthodes, très visuelles, matérialisent parfaitement le déplacement apparent du Soleil mais permettent aussi d'effectuer des mesures avec une assez bonne précision.

LA DEMI-SPHERE TRANSPARENTE

Une demi-sphère transparente de plexiglass d'un diamètre de 50 cm est posée sur un socle en bois qui figure le sol. On peut réaliser sur cette planche la maquette de l'environnement habituel des enfants (école, ville, arbres ...). Ceci les aidera à se situer dans l'espace et à comprendre comment on vise la direction du Soleil à partir d'un point de référence qui se trouve au centre de la sphère. Ce point sera repéré sur le socle.



Comment déterminer de façon précise l'endroit où les rayons du Soleil frappent la sphère lorsqu'on se trouve au point de référence?

Il existe un moyen très simple. On pose sur la sphère un carré de papier de 10 cm de côté, percé d'un petit trou en son centre. Les rayons du Soleil traversent ce trou et touchent le sol n'importe où. Il suffit de déplacer le papier pour faire coïncider précisément

ce point avec le point de référence. On repère alors la position du trou sur la sphère en faisant un point avec un stylo. Puis on colle une petite gommette bien centrée sur ce point. Cette observation est répétée tous les 1/4 d'heure. On obtient ainsi une "route" du Soleil très instructive. Les enfants peuvent observer le passage du Soleil de l'Est à l'Ouest, voir que ce mouvement est symétrique sur l'horizon avec son maximum au milieu de la course – maximum orienté au sud. Ils comprennent ainsi que cette position maximum donne l'idée de midi et permet de déterminer la position du méridien. Ils voient le déplacement à vitesse constante du Soleil et la variation de sa position en fonction de l'heure.

Si l'on répète les observations régulièrement sur plusieurs jours ou même sur toute une année, on peut observer beaucoup d'autres phénomènes :

- la variation de la déclinaison du Soleil en fonction des saisons,
- la "route" la plus haute au solstice d'été et la plus basse au solstice d'hiver,
- la variation des directions du lever et du coucher du Soleil au cours de l'année,
- toutes les "routes" sont des cercles parallèles et ont le même axe à cause de la rotation de la Terre. On peut donc déterminer la direction du plan de l'équateur et mesurer la latitude du lieu.

Chaque cercle correspond à la rotation de la Terre sur elle-même. Sachant que cette rotation s'effectue en 24 h, on voit qu'en été le Soleil est au-dessus de l'horizon plus de 12 h. Et l'inverse en hiver. On peut donc déterminer à quel moment ont lieu les équinoxes.

On observe que sur une année, la "route" du Soleil est une spirale. On peut facilement imaginer la situation aux pôles, où cette "route" devient parallèle à l'horizon. La spirale se trouve pendant 6 mois au-dessus de l'horizon, puis 6 mois au-dessous.

On peut également repérer la position du Soleil lorsqu'il est 12 h à sa montre. Le décalage par rapport au passage du Soleil au point le plus haut de sa "route" correspond au décalage entre le temps civil et l'heure solaire (+ 1 h en hiver, + 2 h en été) et à la longitude du lieu. Si les observations sont précises, on peut percevoir l'influence de l'équation du temps.

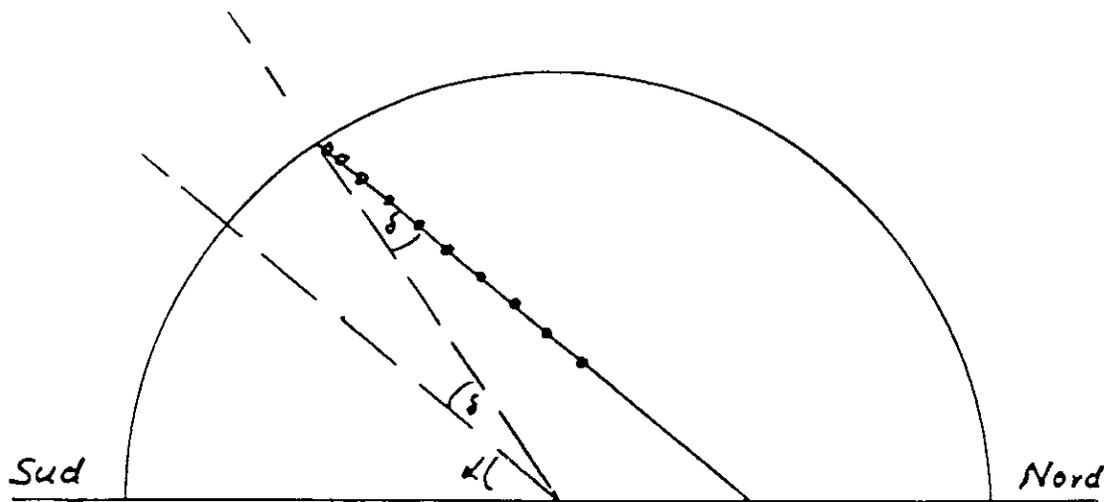
Cependant, pour obtenir de bons résultats il faut respecter certaines conditions. La sphère doit absolument rester dans la même position. La table doit être bien fixée. Si la position de la sphère bouge, les "routes" seront déviées.

Pour mesurer la latitude du lieu, la planche figurant le sol doit être parfaitement horizontale. Il faut donc l'ajuster avec un niveau à bulle.

Si les rayons du Soleil ne tombent pas perpendiculairement sur la sphère, l'image du Soleil donne une ellipse. Un foyer de cette ellipse reste sur l'axe du cône et engendre une imprécision dans la détermination du centre de l'image du Soleil. Pour éviter cette erreur, il faut faire tourner la sphère régulièrement toutes les heures. Ainsi les rayons du Soleil la frapperont toujours perpendiculairement au plan de l'équateur.

Nous avons pu effectuer de bonnes observations du 20 au 27 août. Sur une semaine, la différence de déclinaison nous a donné 2 "routes" parallèles espacées de 8 mm, ce qui est bien observable.

Pour la latitude, nous avons mesuré 44° , valeur tout à fait correcte pour Gap. La mesure de la déclinaison du Soleil le 20 août nous a donné $11,5^\circ$ alors que la valeur précise est $11^\circ 36'$.



LE REPERAGE SUR LA FENETRE

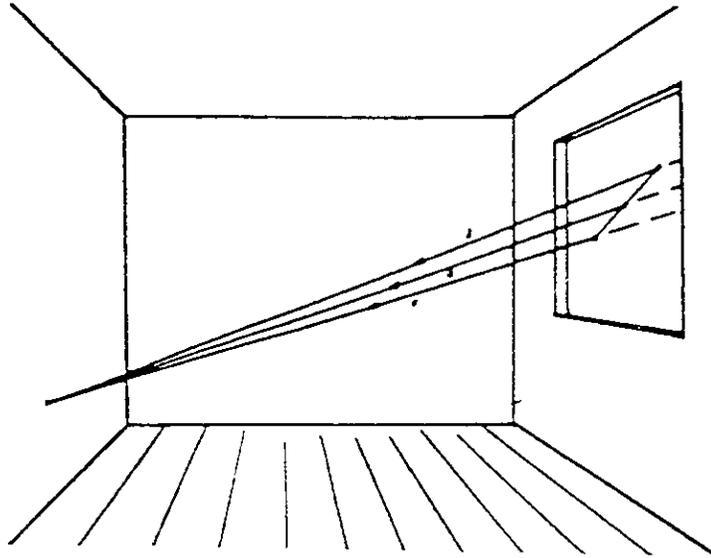
Cette méthode demande peu de moyens (un morceau de carton percé d'un trou et un stylo) et s'organise facilement. Tout se fait en classe, 1/4 d'heure d'observation suffit. Une seule condition, impérative, avoir une classe avec des fenêtres à l'Est.

Si ces conditions sont réunies, il est préférable d'observer le matin, lorsque les rayons du Soleil atteignent le mur vis à vis de la fenêtre. On place un point de référence sur ce mur, en faisant un repère avec un crayon. Il faut que ce repère soit frappé par les rayons du Soleil pendant tout le temps de l'observation.

Lorsque l'on pose sur la vitre le carton percé d'un trou, l'image du Soleil se forme n'importe où sur le mur. En déplaçant le carton, on fait coïncider l'image du Soleil et le point de référence. A ce moment, on marque sur la vitre la position du trou du carton. On recommence l'observation 5 minutes plus tard, la position du point sur la vitre s'est nettement déplacée. Si la distance de la fenêtre au mur est de 4 m, les 2 points sur la vitre sont distants de 10 cm. Des observations toutes les 5 minutes donnent une séquence de points bien alignés. Pour mieux visualiser la "route" du Soleil, on peut coller des gommettes à l'emplacement des points marqués sur la vitre.

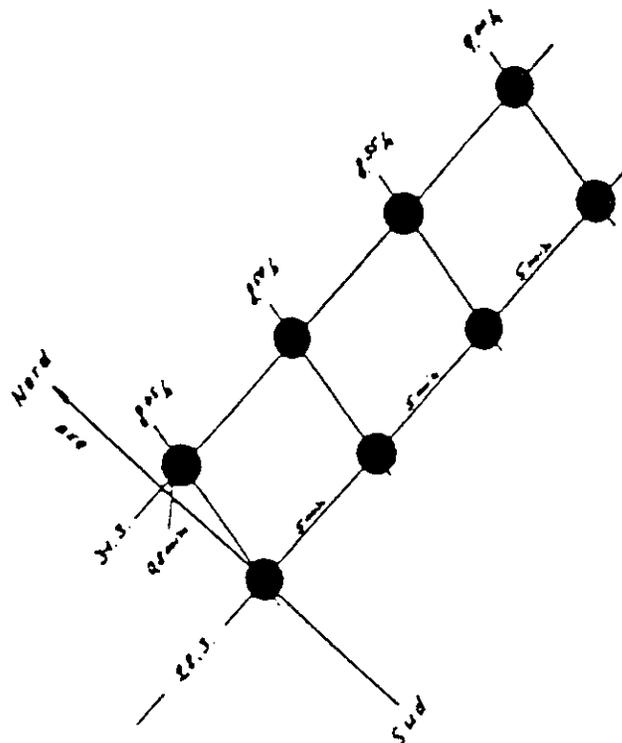
Un quart d'heure d'observation donne 4 points séparés de 30 cm, ce qui est déjà bien. Une heure d'observation donne 13 points sur une "route" de 1,20 m, ce qui est très impressionnant. On voit aussi que la vitesse de déplacement est extrêmement constante.

On peut laisser toute l'année les gommettes sur la vitre et ajouter un paysage autour de la "route" du Soleil (arbres, nuages, maisons, personnages ...). Si les élèves jettent un coup d'oeil occasionnellement sur la vitre, ils se rappellent les lois de la nature immuables et rigoureuses. Ce contact les façonne et les rend aptes à mieux comprendre, plus tard, les sciences naturelles. Ils savent que le Soleil suivra sa "route" inévitablement, ils sentent que ces lois sont rigoureuses. C'est une composante importante de l'éducation.



Le Soleil ne s'élève pas verticalement au-dessus de l'horizon mais avec une certaine inclinaison. Pour expliquer ce phénomène, on utilise un globe terrestre orienté de telle manière que notre pays se trouve sur le dessus du globe. On peut ainsi se rendre compte que le plan de l'équateur coïncide avec l'inclinaison de la "route" marquée sur la vitre. La course du Soleil reflète donc la rotation de la Terre.

Si l'on répète les observations quelques jours plus tard, on a la surprise de voir que la nouvelle "route" du Soleil s'est déplacée parallèlement à la précédente. Ceci est dû au phénomène des saisons. Au printemps, le Soleil va chaque jour un peu plus haut et en automne chaque jour un peu plus bas. Cette matérialisation sur la vitre permet une bonne visualisation du déplacement dû aux saisons. 3 jours suffisent entre 2 observations pour obtenir un déplacement nettement appréciable.



Tout ce que nous venons d'exposer ici est suffisamment simple pour être réalisé avec des enfants de dix ans ou même plus jeunes encore.

Par contre, avec des élèves plus grands, on peut faire des mesures plus précises. Si à chaque point on relève l'heure très précisément, on s'aperçoit qu'au printemps, par exemple, le Soleil est en retard. Pour un intervalle de 3 jours, le retard est d'environ 40 secondes, ce qui est bien mesurable sur la vitre.

On introduit ainsi l'équation du temps et le temps moyen utilisé habituellement.

A Gap, nous avons eu quelques difficultés car il n'y avait pas de salle avec fenêtres à l'Est. Le mieux que nous avons trouvé c'est une fenêtre inclinée à 45° par rapport à l'Est. En ouvrant la fenêtre cela pouvait aller, mais il a fallu bloquer la fenêtre dans cette position. La salle était trop large et les rayons du Soleil n'atteignaient pas le mur opposé. Nous avons donc pris le point de référence sur une table dont nous avons repéré la position très précisément.

Pour effectuer ces observations dans les conditions optimum, il est nécessaire de choisir la saison. Les meilleures dates sont les jours aux alentours des solstices. A ce moment, le Soleil n'est pas trop haut sur l'horizon vers 8-10 h; ce qui est compatible avec les horaires scolaires. En été à 8 h, le Soleil est déjà trop haut et en hiver il n'est pas à l'Est sur l'horizon.

Les équinoxes sont également favorables aux observations puisque à ces dates la "route" du Soleil est une droite. En dehors de la période des équinoxes, la "route" du Soleil donne une hyperbole. La courbure n'est pas très marquée mais induit tout de même une erreur dans le calcul de la latitude du lieu.

Au cours de notre atelier, nous avons analysé ces erreurs. Les distances entre les points au cours d'une séquence de mesures ne sont pas constantes, même au moment de l'équinoxe. Les rayons du Soleil tombent sur la vitre avec un angle φ . Du fait de la projection, la distance varie comme $l = l_0(1 + tg^2\varphi)$. Par contre, si l'on observe loin des dates d'équinoxes, les déviations sont plus difficiles à expliquer. Ces déviations ne sont pas très visibles.

On doit bien sûr éviter les arbres, même la plus petite branche perturbe les rayons et nous renvoie une image du Soleil déformée. Cela produit une erreur de mesure non négligeable.

Le diamètre du trou dans le carton détermine l'intensité de l'image du Soleil. Pour une distance de 4 mètres entre la vitre et le mur, l'image du Soleil a un diamètre de 35 mm. En plus, il y a une zone de diffusion tout au tour de l'image. Néanmoins, il est possible de centrer cette image sur le point de référence à 1 mm près, ce qui donne une précision de 3 secondes sur les mesures. Étonnant de précision pour un cadran solaire!

Il est donc recommandé de relever l'heure des observations avec la plus grande précision.

D'après Roland Szostak