

Observer le soleil à la pause méridienne

Projet d'expérimentation scientifique pour le premier et le second degré

mars 2014

Philippe Cibois,
professeur émérite de l'Université
de Versailles-St-Quentin
phcibois@wanadoo.fr

Présentation générale

Si la *méridienne* désigne la sieste au milieu de la journée (mais le terme a vieilli), l'adjectif a repris récemment du service à propos des rythmes scolaires car on parle désormais assez souvent de « pause méridienne ». Le terme désigne aussi en astronomie une monture de télescope (opposée à monture équatoriale) et en histoire des sciences un montage d'observation du soleil que l'on trouve dans divers édifices. On parle aussi de *La Méridienne* comme étant celle de l'Observatoire de Paris que l'on a cherché à matérialiser de Perpignan à Dunkerque en l'an 2000.

Le but de ce projet est d'initier des élèves à la pratique scientifique de l'observation et à l'histoire des sciences. Plus précisément à la mesure de la durée de l'année et aux problèmes de réforme du calendrier (réformes julienne et grégorienne), à la controverse du 17^e siècle sur le système solaire et aux observations de l'époque à Florence qui ont permis de faire avancer la science.

Deux projets sont présentés ici, le premier consiste à dessiner le parcours de l'image du soleil au midi local sur le sol d'une classe. Ce projet est réalisable par des élèves du primaire. Le second consiste à mettre au point un instrument d'observation précis de la hauteur du soleil quand il passe au zénith avec cependant des outils très simples. Ici c'est la recherche de la précision scientifique qui est au premier plan avec tout ce qu'elle suppose de rigueur dans l'observation, dans l'étalonnage de l'instrument et dans le calcul des erreurs. Ce deuxième projet n'est accessible qu'au niveau du second degré.

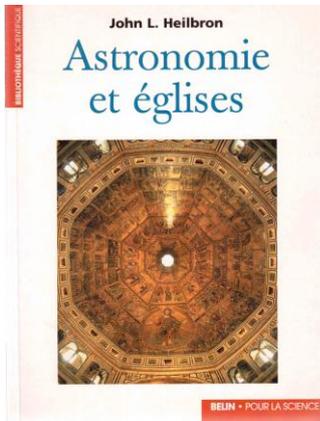
L'expérience commune partagée par tous les élèves est que le soleil se lève, monte le matin dans le ciel, descend le soir et se couche. Les élèves plus âgés savent en outre qu'il se lève du côté de l'Est, qu'il est à midi au plus haut et qu'il se couche à l'Ouest. Que la différence entre heure solaire et heure légale puisse avoir un impact sur la hauteur du soleil est certainement à l'extrême limite des connaissances acquises réellement (même si des apprentissages ont été faits).



Observatoire de Paris : méridien de Paris

Pour le premier degré : la méridienne de classe

Pour construire une méridienne de classe, on va s'inspirer d'une expérience historique précise faite à Bologne en 1655.



Le livre fondamental sur la question est celui de John L. Heilbron, *Astronomie et églises*, (Belin, 2003), traduction de *The Sun in the Church. Cathedrals as Solar Observatories*, Harvard University Press, 1999)

En effet, pour pouvoir fixer exactement la date de Pâques, l'Église catholique a utilisé des églises pour mesurer exactement la durée de l'année solaire. La technique est d'installer dans les hauteurs de l'édifice un simple orifice qui laisse passer la lumière du soleil. Son image se projette au sol et on l'observe au moment du passage du soleil au méridien du lieu.

Le premier à avoir utilisé d'une manière efficace une église à cette fin avec une précision scientifique suffisante a été l'astronome Jean-Dominique Cassini (1625-1712) qui créa l'Observatoire de Paris et fut le premier d'une dynastie d'astronomes célèbres. Avant de venir à Paris à l'instigation de Louis XIV, il avait équipé l'église San Petronio de Bologne d'une méridienne qui fonctionne toujours, qui va servir de modèle à l'église Saint Sulpice à Paris et qui peut encore servir de modèle à une méridienne de classe. Étudions-en les différentes composantes.



On distingue en haut un œilleton dans la voûte (flèche supérieure) : c'est par là que passent les rayons du soleil qui, comme dans une chambre noire ou un sténopé, se projettent dans l'édifice. On voit à droite l'image du soleil juste avant midi se rapprochant progressivement de la ligne méridienne matérialisée sur le sol (flèche inférieure), d'abord sur un pilier puis sur le sol. C'est là où l'image du soleil apparaît quand il est au méridien de Bologne.

Comme on le voit sur ce plan de l'église, la ligne méridienne passe entre les différents piliers de la cathédrale (Heilbron p. 97) :

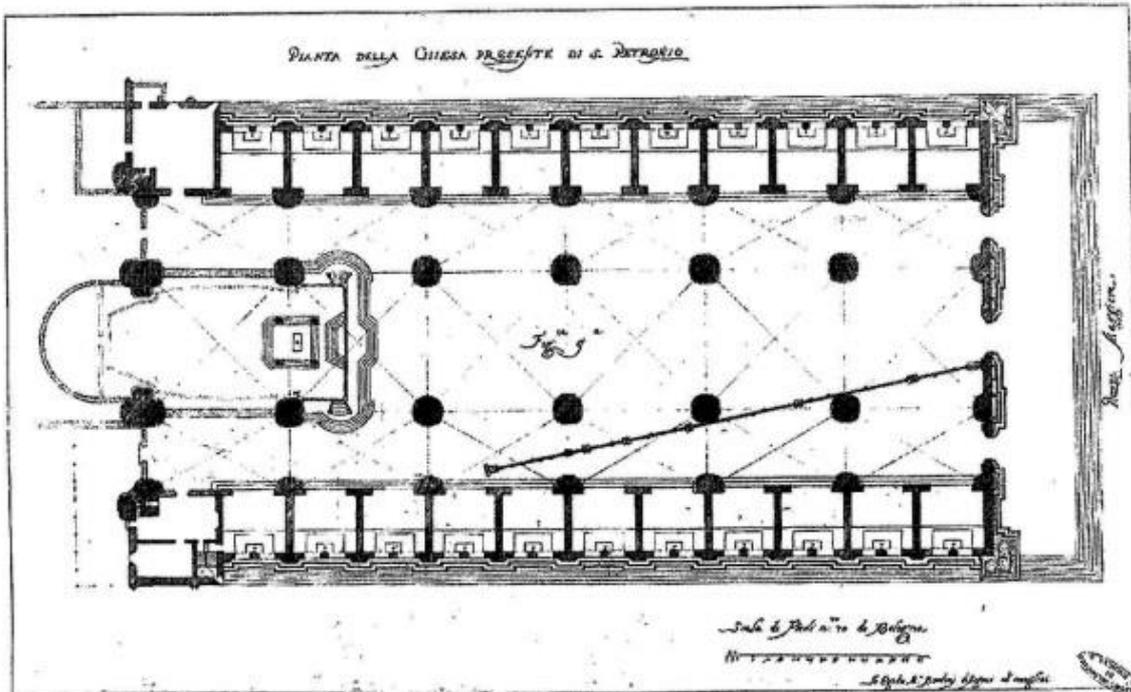
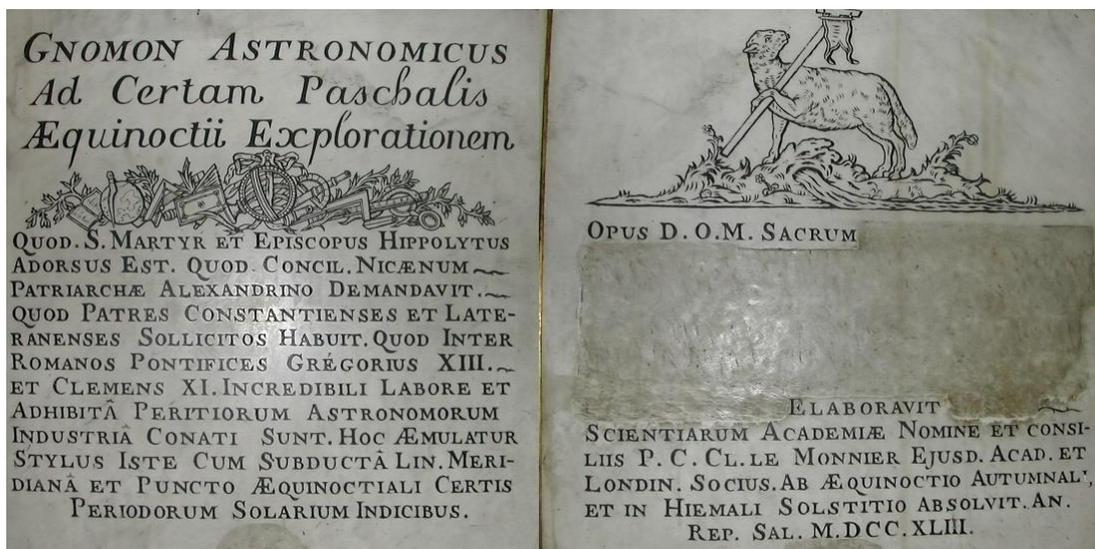


Fig. 3.4. Plan au sol de San Petronio, où l'on voit la méridienne éviter de justesse les piliers. Tiré de Cassini, *Meridiana* (1695).

Comme sur le plan l'œilleton est à gauche, au solstice d'été le soleil est au plus haut dans le ciel et l'image se trouve à la gauche de la ligne. Au solstice d'hiver par contre, l'image se trouve le plus à droite de la méridienne. Entre ces deux extrêmes, l'image se trouve chaque jour en un point différent et on peut mesurer avec exactitude sa position.

Dans l'Église Saint-Sulpice à Paris, un dispositif analogue fut installé en 1743. Faute de place, l'image en hiver se projetait sur le mur et une pyramide fut construite pour recevoir l'image (il faut parler au passé car le dispositif n'est plus opérationnel). La pyramide porte une inscription en latin qui explique le but de l'opération.

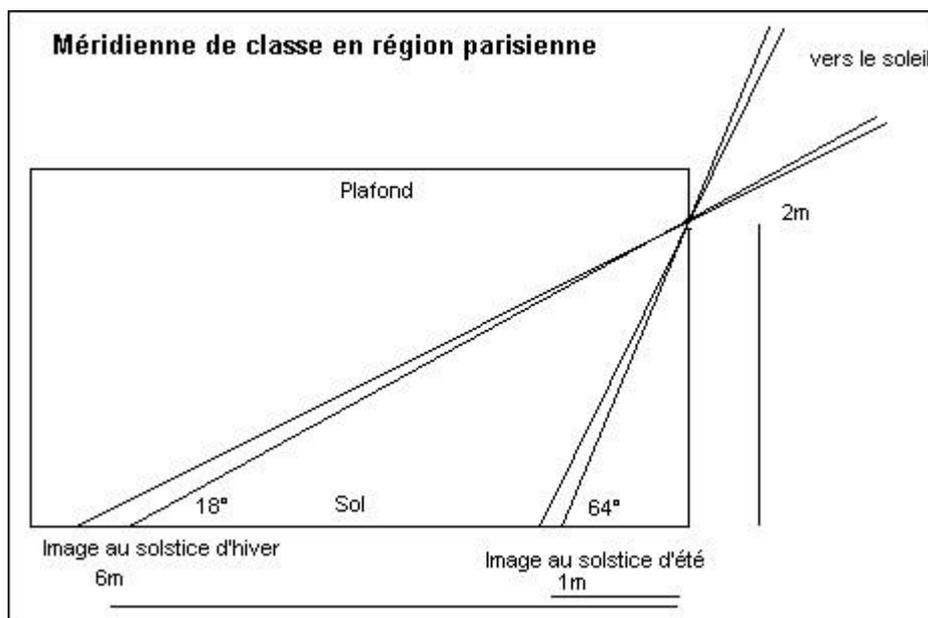


On voit bien au sol la méridienne en laiton qui traverse tout le transept de l'église.



Pour construire une méridienne sur le même principe, il faut disposer d'un local où une certaine pénombre peut être obtenue : une classe avec des rideaux peut être une bonne solution. En été, la pénombre n'est pas nécessaire mais elle l'est en hiver quand l'image du soleil, devenue très grande, devient pâle.

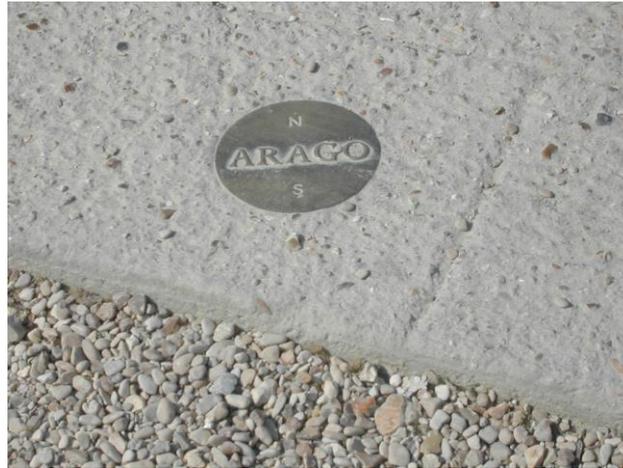
Examinons les dimensions requises pour une hauteur de plafond de deux mètres (en région parisienne) :



Au solstice d'été, l'image est à un mètre du mur où se trouve l'œilleton, l'été à six mètres.

Comment observer

Le soleil passe au zénith quand il est sur le méridien d'un lieu et on peut donc construire autant de lignes méridiennes que de lieux. On connaît le méridien de Greenwich qui sert de base aux fuseaux horaires, on connaît peut-être le méridien de Paris, qui correspond précisément à la localisation de l'observatoire fondé par Cassini et matérialisé récemment au sol dans tout Paris par des plots marqués « Arago »¹.



L'observatoire de Paris se trouve à 02°20'14" Est du méridien de Greenwich et le soleil y passe au méridien 9 min 21 s ensuite.

Conversions

Les durées sont exprimées en heures, minutes et secondes (abréviations h, min, s)

Les circonférences sont exprimées en degrés, minutes (d'arc) et secondes (d'arc) avec les abréviations pour degré °; pour minute ' et pour seconde ''.

En 24 h, la terre tourne de 360° soit 15° par heure (fuseau horaire)

1° est franchi en 1/15 h ou $60/15 = 4$ min

1' est franchie en 4/60 min ou $4 \times 60 / 60 = 4$ s

1'' est franchie en 4/60 s ou 1/15 s

À une différence de longitude de 02°20'14" correspond un temps de

$2 \times 4 = 8$ min

$20 \times 4 = 80$ s soit 1 min 20 s

$14 \times 1 / 15 = 0,93$ s

Soit en tout 9 min 20,93 s durée arrondie à 9 min 21 s

Comme pour chaque lieu le soleil passe au méridien selon sa longitude exacte, il faut trouver la longitude du lieu pour savoir à quelle heure observer le passage au méridien (à l'heure solaire du fuseau horaire de Greenwich appelée « Temps Universel »).

¹ François Arago a été directeur de l'Observatoire de 1843 à 1853

Le logiciel mis en ligne par l'[Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides](#) est d'un grand secours. En effet, il suffit de donner l'adresse postale du lieu pour avoir sa longitude et des données relatives au soleil.

Prenons par exemple le site de l'École La Source à Meudon, 11 rue Ernest Renan, 92190 MEUDON : le résultat est le suivant pour le 15 avril 2014:

Lieu : 11 Rue Ernest Renan, 92190 Meudon, France, 92190, Meudon, Hauts-de-Seine (92), FR
02°13'37" E / 48°49'08" N

Date	Lever		Passage au méridien		Coucher	
Temps Universel	heure	azimut	heure	hauteur	heure	azimut
2014-04-15	05:02:09	74.40	11:51:08	51.01	18:41:06	285.91

La longitude de la Source est de 2° 13' 37" et est donc plus proche du méridien de Greenwich que le méridien de Paris situé à 2° 20' 14" (ce que l'on peut facilement vérifier sur la carte 2314 OT Paris de l'IGN). L'écart en temps est de 8 min 54 s

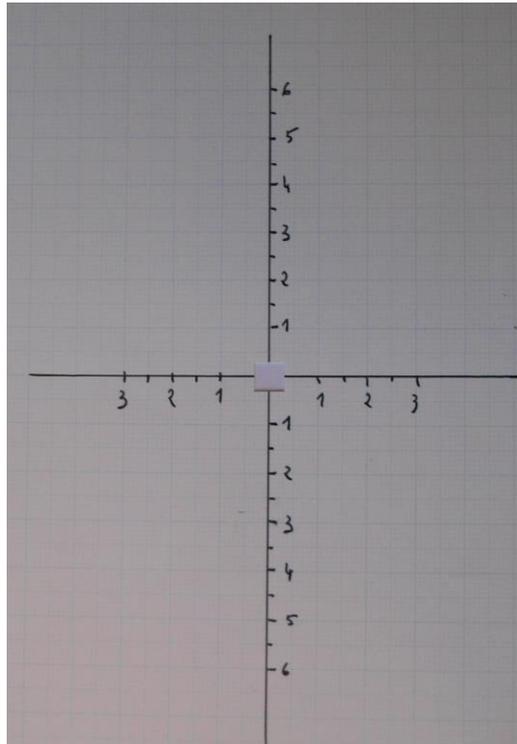
Quand il est midi au fuseau horaire et donc à l'heure légale (moins une heure à l'heure d'hiver, moins deux heures à l'heure d'été), le soleil est déjà passé 8 min 54 s auparavant à Meudon. En théorie donc, il faudrait observer le soleil à 11h 51 min 6 s à Meudon pour qu'il soit midi vrai. Cet horaire correspond en hiver à environ 12 h 51 (on peut négliger les 6 secondes) et en été à 13 h 51, horaires correspondant à la pause méridienne et qui peuvent donc être utilisés pour faire effectuer des observations par des élèves volontaires.

Réalisons une méridienne de classe simplement en installant aussi haut que possible sur la fenêtre un trou d'environ 3 mm (une rondelle en métal peut faire l'affaire) sur une feuille de papier opaque posée sur la vitre la plus au sud de la classe. Le diamètre de l'ocillon n'influe que sur la luminosité et la précision de l'image. Plus il est petit, plus l'image est nette, moins elle est lumineuse et réciproquement. Par approximation on trouvera le diamètre correspondant au lieu choisi².

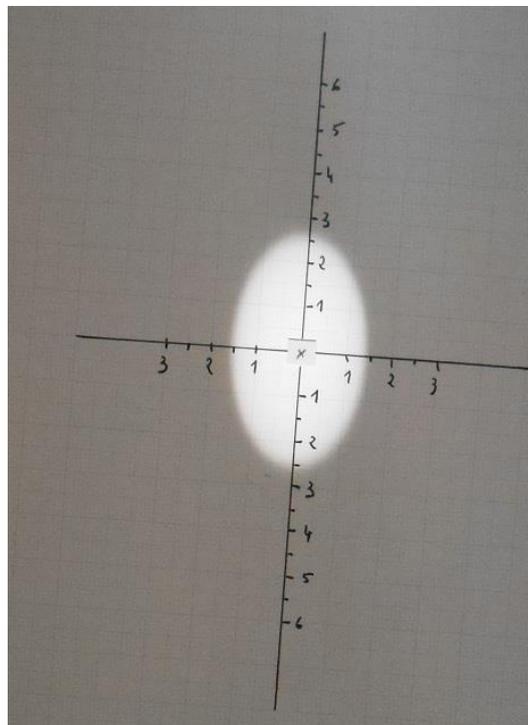
Vers midi solaire et par beau temps, une image du soleil se forme au sol. Elle a de 1 à 2 cm de diamètre en été et en hiver elle forme un ovale de 10 cm dans sa plus grande dimension (mais il faut alors de la pénombre dans la salle d'observation).

Quelques minutes avant 11h 51 (Temps Universel employé désormais), deux élèves se mettent en place, l'un est chargé d'observer l'heure, l'autre de noter la position du soleil. À cette fin, il doit disposer d'une feuille de papier millimétré évidée à partir du centre de 3 mm :

² Cassini à Bologne pensait (Heilbron p. 96) que l'ocillon devait avoir comme diamètre la 1000^e partie de la hauteur au-dessus du sol. Ici avec une hauteur de 2m, cela correspondrait à 2mm, ce qui suppose un local assez obscur et difficilement compatible avec une salle de classe.

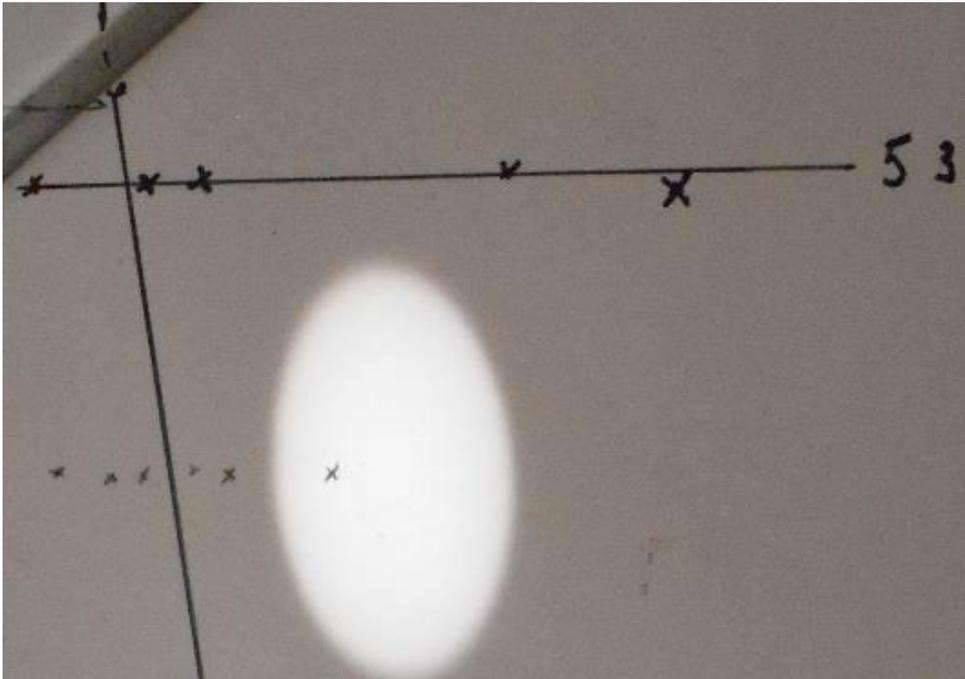


La couleur du quadrillé est le bleu de façon à faciliter la vision de l'image du soleil qui peut être pâle en hiver. On pose le quadrillé sur l'image du soleil et on la centre en se servant des repères : on marque par une croix au crayon ordinaire ou au crayon feutre le centre de l'image en utilisant le trou central. On doit pouvoir écrire sur le sol : un carrelage qui prend le crayon ordinaire ou le feutre est idéal.



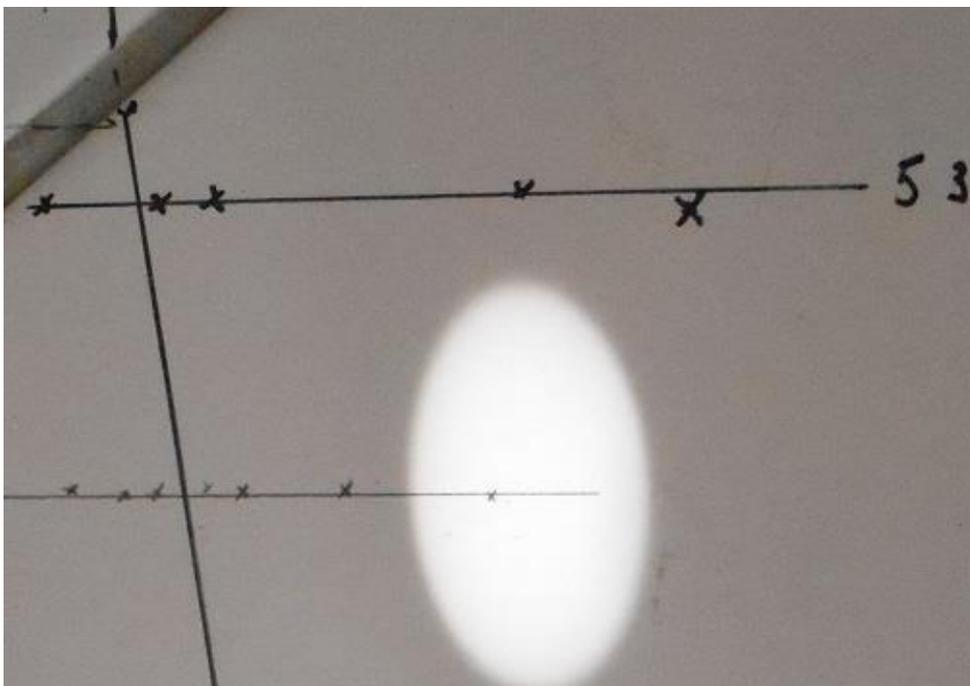
Vers les équinoxes, le soleil se déplace latéralement d'environ 1,5 cm à la minute. Il suffit donc sur 10 minutes, cinq avant 11 h 51 et cinq après de noter environ toutes les minutes la position du soleil par une croix. Celle de 11 h 51, la seule mesure qui

doit être précise, sera notée avec une autre forme (sur l'image ci-dessous les observations des années précédentes ont été reliées par une droite).

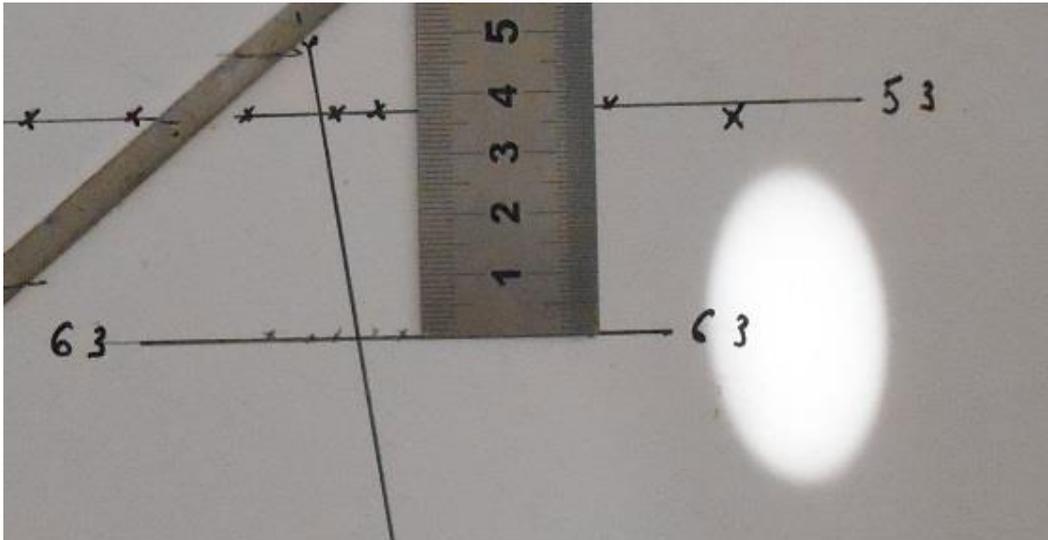


Les mesures (idéalement cinq avant 11 h 51, la mesure de 11 h 51 et cinq après) sont alignées, aux erreurs expérimentales près. Il faudra donc ensuite tracer à la règle une droite d'ajustement dont le principe simple est :

- 1) de ne pas tenir compte des points aberrants s'il y en a ,
- 2) de laisser de part et d'autre de la droite autant de points.



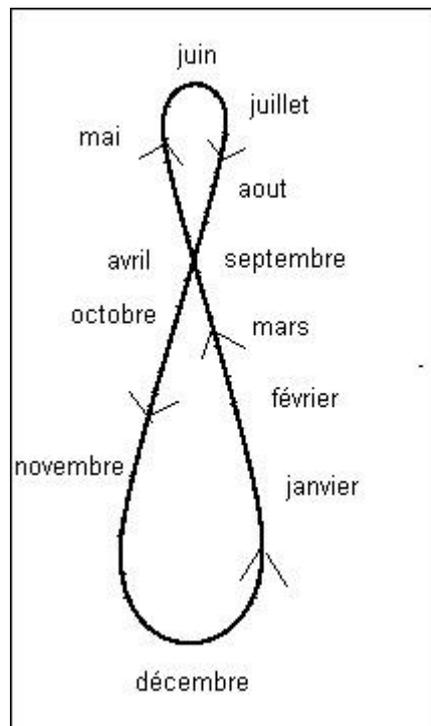
Voici la différence sur deux jours :



L'expérience montre que dans de bonnes conditions d'observations et avec un peu d'expérience, la droite d'ajustement joint tous les points qui sont bien alignés. Au centre de cette droite on met en relief le point central (11 h 51).

La surprise des observateurs est qu'il est impossible de savoir à l'avance où se situera le point central car il n'y a pas d'alignement d'un jour à l'autre. Le point de chaque jour semble se déplacer dans les deux sens, en se rapprochant de la paroi sud où se trouve l'œilleton du solstice d'hiver au solstice d'été (en en s'éloignant le semestre suivant). Mais un deuxième mouvement latéral apparaît qui semble aléatoire. Tantôt le point va à gauche du précédent, tantôt à droite de façon différente tout au cours de l'année.

Après une année complète, la figure obtenue en reliant les différents points centraux est la suivante :



L'image du soleil au sol se déplace selon cette figure en 8, dans le sens des flèches. On retrouve souvent un tel dessin (baptisé analemme) sur les cadrans solaires :

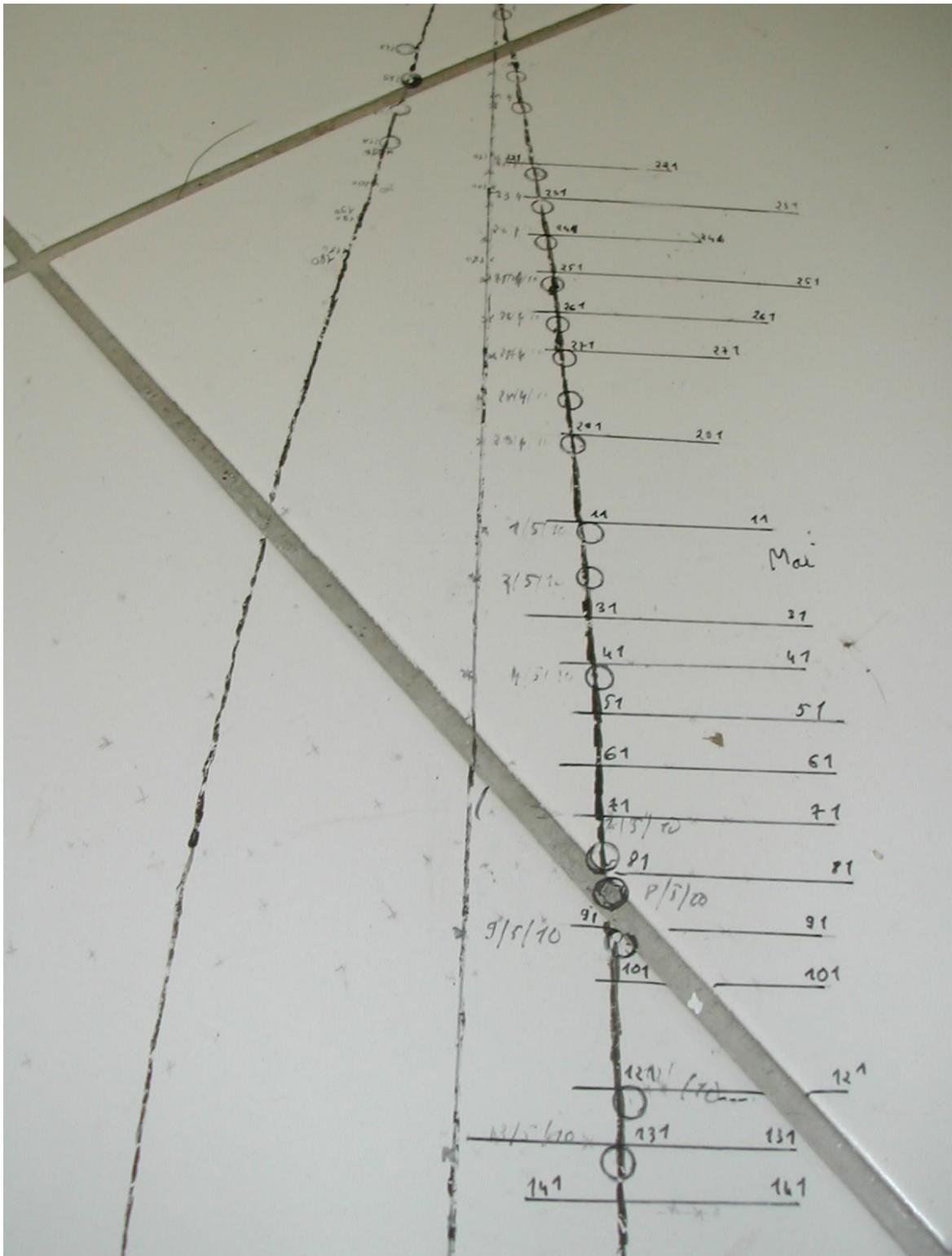


Cadran solaire de l'Hôpital de Troyes

Si un méridien correspond à une droite, le soleil n'est pas au méridien au midi local (l'équivalent de 11 h 51 dans l'exemple précédent). Il s'en faut d'une différence qui peut aller jusqu'à une quinzaine de minutes dans un sens ou dans l'autre. Par contre quand le soleil passe sur la courbe en huit, il est bien midi local (et on peut mettre sa pendule à l'heure avec une précision de quelques secondes dans le cas de la méridienne de classe). On trouvera l'explication astronomique de cette variation régulière par exemple sur le site wikipedia « [équation du temps](#) ».

L'intérêt pédagogique de cette situation est que chaque jour entraîne une observation dont l'emplacement est assez imprévisible ce qui motive les observateurs en leur faisant découvrir l'emplacement de l'image du soleil pour la fixer sur le sol. Ils pourront signer à l'extrémité de la droite d'ajustement des mesures de leurs initiales puisqu'ils en ont pris la responsabilité (comme le faisaient les savants qui ont mesuré la méridienne de la France, cf. les livres de Denis Guedj, *la mesure du monde*, Laffont, 1997 et *le mètre du monde*, seuil, 2000, ainsi que : Ken Alder, *Mesurer le monde*, Flammarion, 2002)).

Au bout de quelques temps, on peut avoir le résultat suivant où les cercles (mais ce n'est pas la bonne solution) correspondent à l'année précédente. Chaque droite d'ajustement est affichée avec le jour du mois et le dernier chiffre de l'année.



Extensions possibles

- On peut également tracer la ligne méridienne elle-même, mais comme c'est une droite, l'ajustement se fera entre tous les points de l'année. A l'inverse de la courbe en huit, le passage du soleil au méridien varie chaque jour et son heure est donnée par *l'Institut de mécanique céleste* (voir son site plus haut). Sur la photo précédente on notera que la ligne méridienne n'est pas centrée sur la courbe en huit ce qui s'explique à la suite d'une erreur sur l'heure choisie comme heure locale avec une

erreur de 10 s (soit un décalage d'un cm entre la méridienne et la courbe en huit, ce qui manifeste cependant la précision de l'appareillage).

- Si l'on poursuit l'aventure sur plusieurs années on pourrait penser qu'on ne fera que répéter la même chose et que l'observation perdra de l'intérêt. Il n'en est rien car si la courbe en huit ne bougera pas, son intersection au jour le jour variera d'une année sur l'autre. Ceci vient du fait que l'année solaire fait 365 jours et un quart de jour. D'une année à l'autre et pour le même jour de l'année, on observera un déplacement de quelques centimètres et, au bout de quatre ans, un retour à la première observation.

Comme du fait des jours de congé et des jours où il y a des nuages, il est bien difficile d'avoir en un an beaucoup d'observations, les comparaisons pour un même jour de l'année ne seront que rares au début. La difficulté alors est d'empêcher l'effacement des traces au sol, qu'il faudra éventuellement raviver régulièrement. Cependant cette comparaison est particulièrement intéressante du point de vue de la formation à l'astronomie car elle rend concrète les problèmes du calendrier et des années bissextiles.

- Les latinistes du collège pourront participer à la recherche en traduisant le texte de la pyramide de l'église Saint-Sulpice à Paris mais aussi le texte de Suétone qui décrit la réforme du calendrier par César ainsi que le texte qui explique la réforme grégorienne en 1582. Autant la réforme de César est compréhensible dès que la méridienne aura été menée sur plusieurs années, autant la réforme grégorienne, est plus délicate à comprendre et ne peut l'être qu'au niveau du collège ou du lycée. On trouvera ces textes à l'adresse suivante : « [Textes techniques latins \(4\) La réforme du calendrier](#) ». C'est à des élèves de ce niveau qu'il peut être proposé le programme expérimental du *cercle armillaire* qui fera l'objet de la deuxième partie.

Image du soleil dans la nature.

L'image du soleil est très commune : à travers une frondaison d'arbre (les marronniers sont très efficaces), le soleil passe par de petits interstices et forme au sol une multitude d'images circulaires (ou ovales selon l'heure). C'est l'effet sténopé (ou chambre noire) que l'on utilise pour la méridienne.



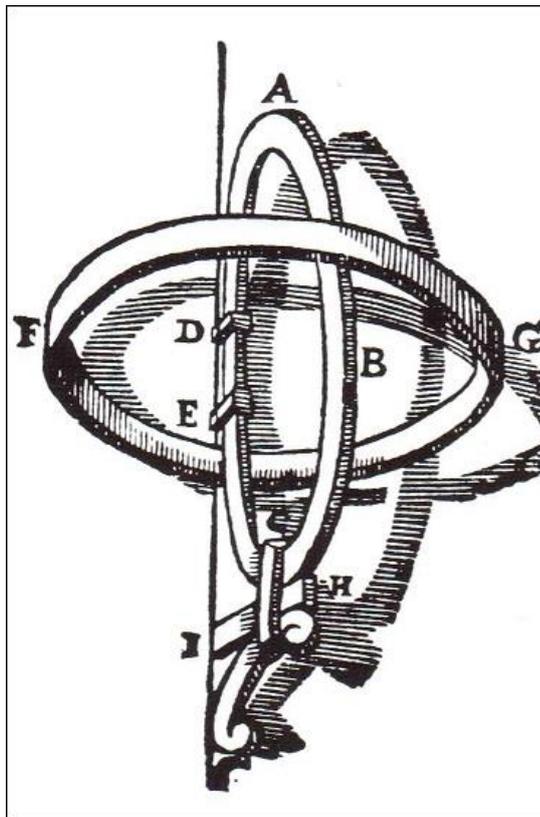
Les jours d'éclipse partielle de soleil, ces images ont la forme du soleil éclipsé.

Pour le second degré : le cercle armillaire

Toujours dans son livre *Astronomie et églises*, Heilbron présente aussi l'expérience d'un moine dominicain, Egnatio Danti (entré au service de Cosme de Médicis dans la deuxième moitié du 16^e siècle), qui voulait mesurer avec précision la longueur de l'année tropique. À cette fin il fit construire sur la façade de Santa Maria Novella à Florence, une sphère armillaire consistant en deux cercles de métal se croisant à angle droit. Cette sphère y est toujours visible.

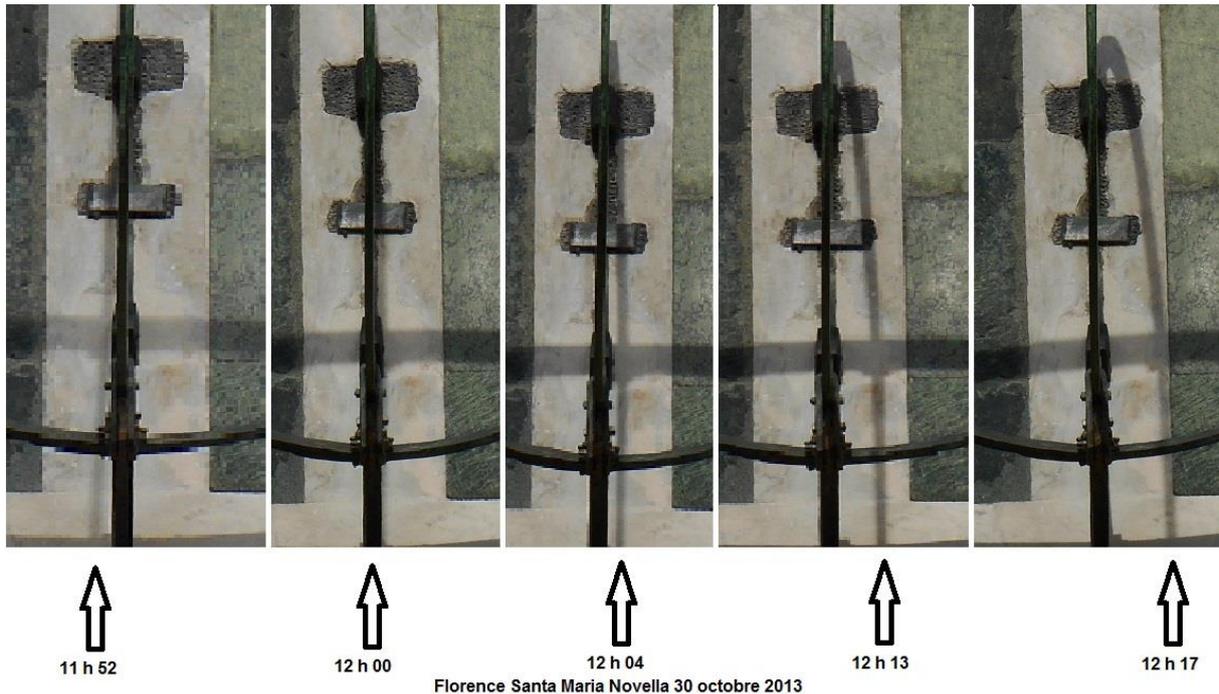


Commentons-en suivant Heilbron le graphique de Danti (p.68):



Le cercle vertical (ABDE) est dans le plan du méridien, face au sud. Tous les jours au moment du passage du soleil dans le méridien, l'intérieur du cercle n'est pas

éclairé par le soleil, caché par l'extérieur du cercle comme on peut le voir ci-dessous en repérant l'ombre du soleil d'abord à gauche, puis invisible, puis à droite :



Le cercle FG est lui dans le plan de l'équateur céleste : le jour de l'équinoxe, c'est ce cercle dont l'intérieur est obscur. Voici le récit de l'expérience :

La journée de l'équinoxe de 1574 était parfaitement claire et ensoleillée. Danti emmena de «nombreux gentilshommes» à l'église-couvent des dominicains pour voir les jeux de lumière sur les anneaux de laiton, à quelque sept mètres au-dessus de leurs têtes. Ils virent les rayons du soleil disparaître du fond du cerceau équinoxial et avancer lentement de haut en bas. « Et à ce moment, et un peu avant et un peu après, le [centre du] soleil fut dans l'équateur céleste, les rayons du Soleil apparurent comme un mince filet de lumière sur les bords de la partie concave de l'armille équatoriale, au-dessus et au-dessous, et puis, en un instant, le filet du sud disparut et le filet du nord commença à croître ». Cela se produisit le 11 mars. (Heilbron p.69)

Cette méthode n'était pas très précise et la construction ultérieure de la méridienne dans San Petronio à Bologne devait conduire à des mesures plus exactes.

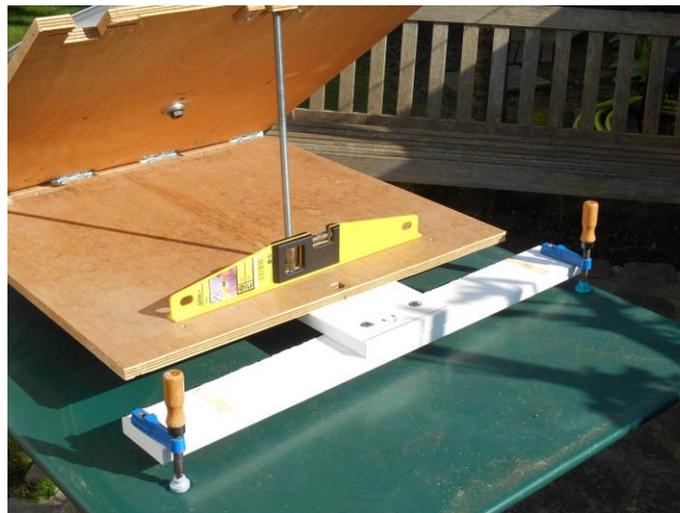
Mais est-il possible aujourd'hui de construire des sphères armillaires analogues, dont Heilbron dit (p.66) qu'elles furent celles de Sosigène (le conseiller de César pour la réforme du calendrier) et Ptolémée. Le but ne sera pas de répéter l'expérience de Danti qui est supposée fonctionner uniquement un jour d'équinoxe, mais de monter un cercle armillaire dont l'angle avec l'horizontale puisse varier d'une manière précise, et de se servir de cet instrument pour mesurer la hauteur du soleil lors du passage au méridien. En disposant de mesures à une ou plusieurs années d'intervalle, on pourra déterminer la longueur de l'année avec précision.

Nous avons besoin pour cela d'un cercle métallique parfaitement régulier : une bonne approximation en est une jante de vélo neuve montée perpendiculairement à une planche de 60 sur 60 cm (épaisseur 10 mm), elle-même articulée à une autre planche identique par des charnières. Les deux plans doivent être strictement bord à bord. Une vis permet un réglage fin. Une aiguille est collée sur le bord extérieur pour servir de repère :



L'ensemble est simplement posé sur un trépied muni de deux réglages en hauteur qui permettent de mettre l'ensemble strictement à l'horizontale avec un niveau (l'exactitude de l'horizontale du plan a beaucoup d'influence sur la mesure).

L'ombre de la vis sert pour orienter correctement l'appareil : quand l'heure du passage au méridien est arrivée, il faut mettre l'image de la vis dans l'axe de l'appareil (mais une petite imprécision ne change pas significativement la mesure).



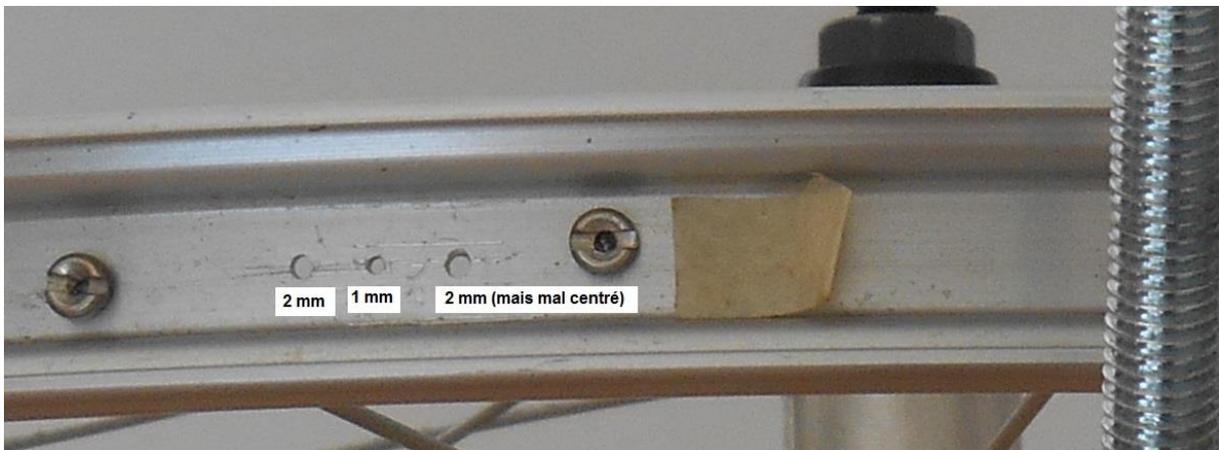
Voici le détail du trépied, de la vis et des charnières.



La vis, de 10 mm de diamètre est ici longue de 50 cm : quand le soleil est haut dans le ciel, cette longueur est insuffisante et il faut rehausser la base. Ci-dessous on voit le système de l'écrou encastré dans un bloc de bois articulé.



Pour observer la hauteur du soleil au méridien, on perce des œilletons de 1 et 2 mm (au foret) au milieu de la jante : selon le diamètre l'image est plus précise mais moins lumineuse si l'orifice est petit.



Sur le côté diamétralement opposé, on peut faire coïncider les trois images avec la ligne inférieure tracée sur la jante :



On prend comme repère l'image du centre qu'avec la vis on amène sur la ligne de repère comme diamètre. Ceci doit être fait à l'heure du passage au méridien local donnée par *l'Institut de mécanique céleste* ou en servant du passage au méridien si l'appareil a été convenablement orienté.



Pour noter avec des outils simples et cependant une bonne précision, on pose une règle métallique sur le plan inférieur et on repère la mesure avec l'aiguille collée. Sur l'image, la hauteur est comprise entre 34,4 et 34,5 cm. La précision de l'aiguille permet d'apprécier mieux que le demi-millimètre, ici on dira 34,45 cm avec une erreur absolue évaluée à deux dixièmes de mm.

Pour calculer l'angle du soleil, connaissant la taille de la planche, supposée de 60 cm (l'aiguille est collée strictement au bord), on peut en déduire l'angle par un calcul trigonométrique simple.

L'angle est égal à $\text{Sin}^{-1} (34,45 / 60) = 35,04^\circ$. Comme la valeur donnée par l'IMC est de $35,22^\circ$ on peut améliorer la mesure en étalonnant l'appareil sur un temps donné. Dans le cas présent, en minimisant les écarts lors de nombreuses observations antérieures, on voit que la vraie valeur de la planche n'est pas exactement 60 cm (mesure difficile à vérifier quand l'appareil est monté) mais de 59,79 cm, valeur trouvée par approximation et qui minimise les écarts aux vraies valeurs.

Avec cette valeur l'angle est de $\text{Sin}^{-1} (34,45 / 59,79) = 35,18^\circ$ contre $35,22^\circ$ pour la valeur donnée par les tables.

Une fois étalonné, l'appareil est précis si on prend soin de bien vérifier son horizontalité. Les résultats peuvent encore être modifiés pour tenir compte de la réfraction de l'atmosphère.

Pourquoi un cercle ? On pourrait penser que le cercle mobile est inutile et que, mit dans l'axe du méridien, un dispositif sans cercle permettrait les mêmes mesures. Le grand avantage du cercle est qu'il est très facilement orientable, qu'on peut y suivre le soleil quand il est aux alentours du méridien et observer la montée du soleil. Quand on est strictement à l'équinoxe, comme dans le cas de l'expérience de Danti, on peut suivre le soleil sur un temps assez long sans que la hauteur lue au méridien soit modifiée car le soleil est alors dans le plan de l'écliptique et le cercle y est également.

Que faire avec cet instrument ?

L'utilité pédagogique de ce cercle armillaire issu de l'expérience de Danti, mais qu'il ne cherche pas à reproduire, est qu'il permet de mesurer avec précision la hauteur du soleil au méridien avec un instrument issu d'un bricolage simple et peu coûteux.

Il nécessite de maîtriser le calcul trigonométrique sur un tableur, de faire des calculs d'erreur, de minimiser les erreurs en étalonnant l'appareil à partir des vraies valeurs : il est un complément de la méridienne de classe en ce sens qu'il mesure avec assez d'exactitude les valeurs qui étaient simplement dessinées sur le sol dans le cas de la méridienne mais non mesurées.

Le but visé ici est de construire un instrument le plus précis possible avec des moyens simples dont auraient pu se servir Sosigène, conseiller de Jules César pour la réforme du calendrier. Archimède a décrit soigneusement dans son traité *l'Arénaire* une observation du soleil au lever dans lequel il faisait des mesures pour mesurer le diamètre du soleil : si les mesures modernes ont gagné en précision, l'encadrement qu'il propose pour sa mesure n'a pas été remis en cause depuis (voir [Archimède compte les grains de sable de l'univers](#)). Par ailleurs l'antiquité connaissait des mécanismes complexes comme celui dit d'[Anticythère](#), ce qui veut dire qu'introduire des mécanismes plus précis qu'une simple aiguille comme repère était à la portée des anciens, mais non une vis micrométrique munie d'un vernier, inventions qui datent de l'époque moderne et qui seraient donc anachroniques. Le but du montage pourrait donc être de *faire mieux que Sosigène*, avec des instruments simples et peu coûteux. Peut-on trouver mieux pour la longueur de l'année que 365,25 jours et se rapprocher de la valeur de 365,2425 jours mise au point par Clavius, le conseiller de Grégoire XIII lors de la réforme dite grégorienne en 1582. L'objectif est difficile mais on peut probablement faire mieux que Sosigène. Le concours est ouvert à qui trouvera la meilleure valeur, avec évidemment un encadrement statistique expérimentalement prouvé. Un cycle de quatre ans d'observations permettrait dans l'idéal de trouver pour un jour donné une différence à la condition qu'elle soit significative statistiquement.

Voyage de classe à Florence et à Bologne

En plus des trésors artistiques de ces villes, on pourra aller voir la façade de Santa Maria Novella à Florence (près de la gare du même nom) pour examiner la sphère armillaire de Danti ainsi que le cadran solaire proche. À Bologne, la cathédrale San Pretronio permettra de visualiser la méridienne de Cassini en action. En heure d'été, il faudra tenir compte de l'équation horaire du moment si l'on ne veut pas trouver porte close (précisément au moment de la pause méridienne) : le mieux est de venir pendant l'heure d'hiver qui en Italie correspond à l'heure solaire (Temps Universel + 1 heure).