



HAL
open science

Le cadran solaire de hauteur de Wenzel Jamnitzer de l'Observatoire de Paris

Denis Savoie

► **To cite this version:**

Denis Savoie. Le cadran solaire de hauteur de Wenzel Jamnitzer de l'Observatoire de Paris. Cadran Info, 2017. hal-02048624

HAL Id: hal-02048624

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02048624>

Submitted on 25 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le cadran solaire de hauteur de Wenzel Jamnitzer de l'Observatoire de Paris par Denis Savoie¹

L'orfèvre de Nuremberg, Wenzel Jamnitzer (1508-1585), fut un maître allemand de la gravure² très réputé, et l'auteur d'un ouvrage fascinant sur les polyèdres³. Il a notamment réalisé deux disques en laiton de grandes dimensions (≈ 51 cm) datés de 1578, gravés sur une de leurs faces d'un cadran solaire de hauteur, et qui comportent aussi un carré des ombres, des tableaux astrologiques, un limbe circonférentiel, etc., l'ensemble étant harmonieusement mélangé à des allégories gravées avec une extrême finesse (fig. 1 page ci-contre et fig. 2 page 122). Ce sont de purs chef d'oeuvre. Un des deux disques fut présenté au salon de physique-mathématique à Dresde au début du XX^e siècle ; il a été décrit dans les grandes lignes mais a semble-t-il aujourd'hui disparu⁴ (fig. 3 page 123, et fig. 4 page 124).

1. SYRTE, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, LNE, 61 avenue de l'Observatoire, 75 014 Paris, France.

2. On trouve de nombreuses photos des oeuvres de Wenzel Jamnitzer dans Marc Rosenberg, *Jamnitzer*, éd. Verlag von Joseph Baer & Co., Francfort, 1920. On trouvera quelques informations (mais rien sur les cadrans solaires) dans Swen Hauschke, « The Mathematical Instruments of Wenzel Jamnitzer (1508-1585) », *European Collections of Scientific Instruments, 1550-1750*, edited by Giorgio Strano, Stephen Johnston, Mara Miniati, Alison Morrison-Low, éd. Brill, Leiden, Boston, 2009, p. 1-13. De nombreux éléments de la biographie sont extraits de J. G. Doppelmayr, *Historische Nachricht von den nürnbergischen Mathematicis und Künstlern*, Nürnberg, 1730, p. 205-206 ; Doppelmayr mentionne quelques-uns de ses instruments astronomiques.

3. *Perspectiva corporum regularium*, Nürnberg, 1568. Voir A. Flocon, « Wenzel Jamnitzer », VIII^e congrès international de Tours, Sciences de la Renaissance, Paris, Vrin, 1973, p. 143-151. L'ouvrage se décompose en six chapitres, tous introduits par un frontispice ; le cinquième chapitre (*coelum*), qui concerne le dodécaèdre (12 faces), comporte de nombreux instruments de mesure en lien avec l'astronomie et la géodésie. On y voit un dos d'astrolabe avec son alidade, des cadrans solaires, une arbalétrille, plusieurs quadrants crantés, deux sphères armillaires, des compas, des règles, des cadrans de hauteur avec leur fil à plomb, une sphère céleste et une sphère terrestre. Un Soleil stylisé trône en haut du frontispice ; il ressemble beaucoup au Soleil que W. Jamnitzer graverait en 1578 sur le cadran solaire de hauteur de Dresde et de l'Observatoire de Paris, tout comme les ornements qui servent de décors.

4. Max Engelmann, « Wenzel Jamnitzer Dresdner Messscheibe », *Der Kunstwanderer : Zeitschrift für alte und neue Kunst, für Kunstmarkt und Sammelwesen*, 1919-1920, p. 311-314. Il s'agit de l'article le plus complet sur ce « disque de calcul » comme l'appelle l'auteur, qui mesurait 51,8 cm de diamètre ; il faut souligner cependant que l'article reste dans des généralités et qu'on y trouvera ni calculs ni théorie voire une incompréhension du cadran solaire (*cf. infra*). On y apprend que le disque de Dresde (et sans doute celui de l'Observatoire) faisait partie d'un ensemble de 35 pièces dont le possesseur était Auguste 1^{er} de Saxe (1526-1586), puis que le disque fut répertorié dans l'inventaire après le décès de l'électeur en 1587. Voir également Ernst Zinner, *Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.-18 Jahrhunderts*, éd. Beck, Munich, 1956, p. 394-395. Zinner mentionne le disque de l'Observatoire de Paris mais sans aucun détail. Le disque de Dresde



Figure 1 – Face A gnomonique du disque de Wenzel Jamnitzer de l’Observatoire de Paris.

Le deuxième disque de Wenzel Jamnitzer est arrivé dans les collections de l’Observatoire de Paris à une époque inconnue, tout comme la façon dont l’Observatoire se l’est procuré⁵. Il n’a jamais été décrit. Notons que des photos du disque de Dresde montrent un disque un peu plus complet que celui de l’Observatoire, lequel a perdu certaines parties mobiles. Les allégories

est reproduit en photo dans Marc Rosenberg, *Jamnitzer, op. cit.*, p. 30-31. Ce même disque de Dresde est décrit très succinctement et reproduit dans un dessin artistique dans C. Gurlitt, « Wenzel Jamnitzer und der kursächsische Hof », *Kunstgewerbeblatt*, 1885, p. 51-53.

5. Dans la collection de l’Observatoire de Paris, le disque de Wenzel Jamnitzer porte le numéro d’inventaire 7 et est qualifié de « cadran solaire horizontal ». Dans l’inventaire de la *Commission des cadrans solaires*, ce cadran est aussi qualifié d’horizontal et considéré comme volé en 1978. Même remarque pour le cadran de Dresde : il est qualifié de cadran solaire horizontal par Max Engelmann dans son article « Wenzel Jamnitzer Dresdner Messscheibe », *op. cit.*, p. 314. Dans « Astronomische Instrument von W. Jamnitzer », *Anzeige für Kunde der deutschen vorzeit* (organ des germanischen museums), 1877, p. 55, on parle même d’un « astronomisches Astrolabium » ! Et encore récemment, S. Débarbat, « Astronomie, « arts » et artistes », *Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2009, Volume 260, 2011, p. 243, qualifie ce cadran « d’horizontal ». Ceci laisse penser que jusqu’à présent, personne ne s’est vraiment penché sur ce cadran solaire et n’a compris son fonctionnement. Deux hypothèses sont avancées quant à l’arrivée de cette oeuvre de W. Jamnitzer à l’Observatoire de Paris : l’objet serait un don de Christine de Suède à Jean-Dominique Cassini, l’objet ayant été récupéré lors des pillages de Prague par les Suédois en 1648 (ce qui suppose peut être que l’objet était entré dans les collections de Rodolphe II). Autre piste : l’objet serait une « prise de guerre » de Bohême sous Louis XIV ou sous Napoléon. L’inventaire de l’Observatoire de Paris ne mentionnant pas explicitement l’objet, il est difficile de tracer son parcours. L’amiral Mouchez (directeur de 1878 à 1892) signale simplement une armoire remplie d’objet dont « des cadrans solaires compliqués ». On aura une idée de la gestion calamiteuse des collections par l’Observatoire au XIX^e siècle en consultant le *Magasin Pittoresque*, 1885, p. 88-90.



Figure 2 – Face B de mesures et du carré des ombres du disque de Wenzel Jamnitzer de l’Observatoire de Paris.

sont aussi différentes mais les cadrans solaires semblent identiques. Il est difficile d’imaginer que ces deux objets, lourds (celui de l’Observatoire pèse 5 kg), dorés (ce qui ne facilite pas la lecture d’une ombre portée) aient servi réellement à faire des mesures de l’heure (fig. 5 page 125). La destination « princière » de ces deux objets de prestige ne fait pas de doute, la clientèle habituelle de Wenzel Jamnitzer étant composée d’empereurs germaniques. Le mélange d’allégories bibliques et de représentations astrologiques sur le disque de l’Observatoire ne pouvait s’adresser qu’à un personnage susceptible d’en apprécier toutes les subtilités, y compris l’aspect mathématique et gnomonique. Il est donc fort possible que le cadran de l’Observatoire de Paris ait appartenu (et ait été une commande), comme celui de Dresde, à Auguste de Saxe.

1 Face A (face gnomonique)

Il s’agit de la face du disque servant à lire l’heure solaire et qui contient un essieu central imposant (*cf. infra*) ; on peut diviser cette face en deux parties coupées par un diamètre : la partie basse où sont gravés les deux cadrans solaires et la partie haute à destinée astrologique. Un cartouche situé sous l’essieu porte l’inscription qui indique clairement la prééminence pour son auteur de la fonction gnomonique de l’objet (fig. 6 page 125) :

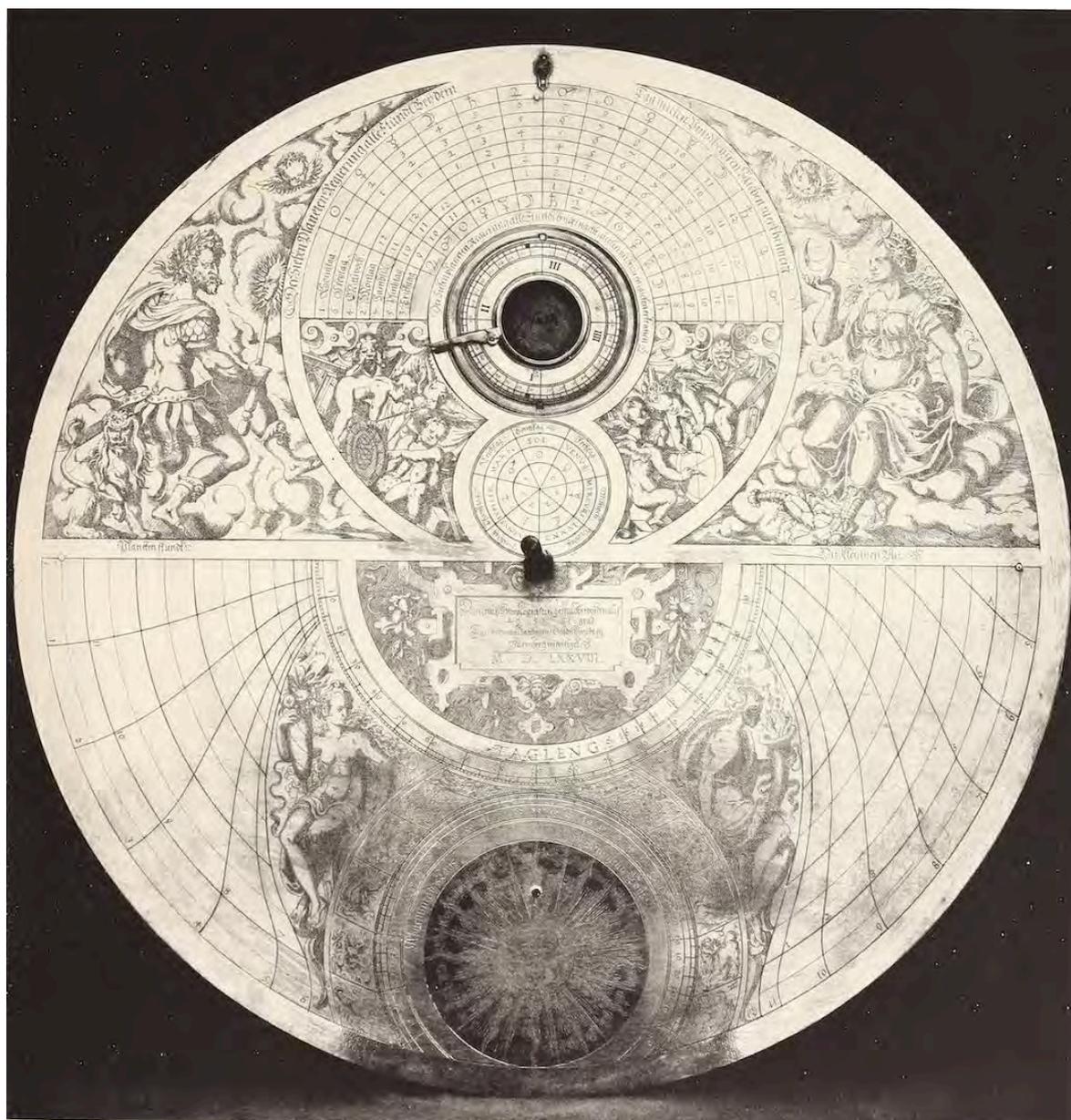


Figure 3 – Face gnomonique du disque de Wenzel Jamnitzer de Dresde.

Diese zwar Horologia sein gemacht worden, auss
49. 50. 51
Durch Wentzel Jamnitzer Goldschmidzum
Nürnberg verfertigt
M. D. LXXVIII.
[Cette horloge a été faite pour
49. 50. 51
Fabriquée par Wentzel Jamnitzer, orfèvre
à Nüremberg.
1578]



Figure 4 – Face de mesures et du carré des ombres du disque de Dresde.

Il n'est pas fréquent, voir rarissime, que la latitude indiquée sur un cadran solaire soit donnée avec une telle précision⁶ si on considère que 49.50.51 correspond à 49°50'51". Il s'agit plutôt d'une fourchette de latitudes pour lesquelles le cadran fonctionne, soit de 49° à 51° de latitude ;

6. Le disque de Dresde (qui comporte le même cartouche de signature) ajoute *49.50.51 grad* [souligné par nous], c'est-à-dire 49.50.51 degrés. Il est difficile d'identifier le lieu qui correspond à cette latitude de 49°50'51", même en arrondissant à 49°51' (une telle précision à la seconde de degré est de toute façon illusoire pour l'époque). Les catalogues de lieux géographiques contemporains de W. Jamnitzer (par exemple la longue liste donnée par P. Apianus, *Cosmographia*, Anvers, 1524, ou par E. Reinhold, *Prutenicae tabulae coelestium motuum*, Tübingen, 1551) ne donnent pas de ville importante à cette coordonnée. Ceci renforce l'hypothèse d'une fourchette de latitudes, d'autant que Jamnitzer n'aurait pas hésité à graver les degrés, minutes, secondes s'il s'était agi d'une coordonnée.



Figure 5 – Photographie du disque de l'Observatoire de Paris : 51,5 cm de diamètre, poids de 5 kg.



Figure 6 – Détail du cartouche signé Wenzel Jamnitzer indiquant les latitudes et l'année.

cela est d'usage sur les cadrans solaires de hauteur comme on peut le voir par exemple chez Apianus⁷. Néanmoins, cela induit une erreur dans la lecture de l'heure, maximale à midi, où par définition un cadran de hauteur est le plus défaillant (fig. 7 page suivante) puisque la hauteur ne varie que peu aux alentours du passage du Soleil au méridien.

Un premier demi-cercle, gradué doublement de 0° à 90°, et centré sur le gnomon, porte sur la partie droite supérieure un secteur gradué d'heures en heures, de 16 à 8, qui correspond à la longueur du jour pour la latitude du lieu, en fonction de la hauteur méridienne du Soleil au-dessus de l'horizon (*Tagleng* = durée du jour). En prenant une obliquité de l'écliptique de 23°30' (obliquité réelle de l'époque), on vérifie que la longueur du jour au solstice d'été⁸ est de 16 h et de 8 h au solstice d'hiver pour une latitude de 49° (*cf. infra*). Ce qui correspond respectivement à une hauteur méridienne du Soleil de 64°30' et de 17°30'; le cadran comporte ici une légère anomalie pour le solstice d'hiver où le trait de 8 heures coïncide avec 18.5°. Il y a évidemment une correspondance avec le cadran solaire de hauteur situé en dessous puisque

7. Apianus, *Instrument Buch*, Ingolstadt, 1533. Apianus donne quatre dessins (dès les premières pages de l'ouvrage) du même cadran de hauteur fonctionnant pour trois latitudes différentes, écrivant par exemple « 41.42.43 grad » pour signifier qu'il s'agit des latitudes 41°, 42° et 43°.

8. Rappelons que la durée du jour en heures s'obtient par $2H_0/15$, avec $\cos H_0 = -\tan \varphi \tan \delta$ où φ est la latitude du lieu et δ la déclinaison du Soleil. La hauteur méridienne h du Soleil se calcule par $h = 90^\circ - \varphi + \delta$.

cet ensemble fonctionne avec un même gnomon. De sorte que si l'on est au solstice d'été à midi par exemple, l'ombre passe par la graduation 16 [heures], par 64° [de hauteur] et aboutit à midi solaire sur le cercle le plus extérieur du disque.

Il y a en fait deux cadrans solaires sur cette face : celui sur la partie droite qui indique l'heure solaire (*die kleinen Uhr*) et celui sur la partie gauche qui indique les heures planétaires (*Die planneten Stunden*), sous-entendu l'heure antique ou temporaire. Ces deux cadrans fonctionnant avec le même gnomon, cela oblige à un retournement à 180° du disque autour de la verticale : sa tranche devant être orientée vers le Soleil, le cadran d'heures solaires vraies fonctionne avec la face A regardant essentiellement la partie Est de l'horizon, tandis que le cadran d'heures planétaires fonctionne avec la face A qui regarde vers l'Ouest.

Comme tous les cadrans solaires de hauteur, celui de Wenzel Jamnitzer est un abaque qui permet de lire l'heure en fonction de la date. Il doit être suspendu verticalement et orienté dans le plan du Soleil par la tranche. Un gnomon horizontal projette une ombre sur l'abaque constitué de cercles concentriques et de courbes sinueuses. On lit l'heure solaire à l'intersection d'une courbe, qui représente l'heure en fonction de la hauteur du Soleil, et d'un cercle qui représente la date, plus précisément la déclinaison δ du Soleil.

Appelons P le pied du gnomon par lequel on fait passer un système d'axes (fig. 8) : les x vers la droite, les y vers le haut (vers le zénith). Le cercle du solstice d'été est le plus éloigné du gnomon, tandis que le cercle du solstice d'hiver est le plus proche. Examinons dans un premier temps le cadran de droite, celui en heures solaires vraies.

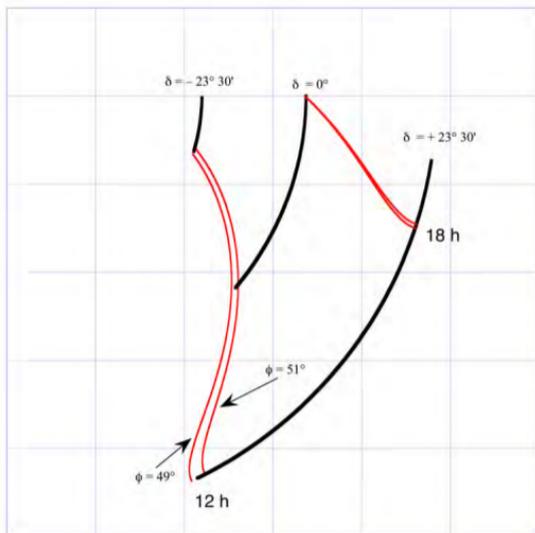


Figure 7 – Exemple d'écart des lignes horaires 12 h et 18 h tracées pour deux latitudes différentes.

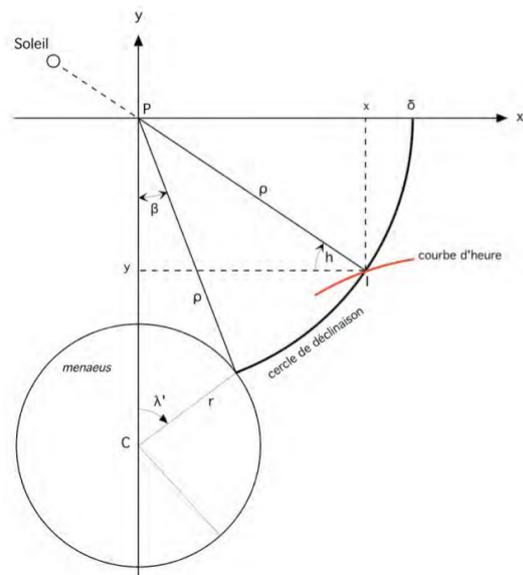


Figure 8 – Principe du cadran solaire de hauteur vertical de Wenzel Jamnitzer.

L'échelle des dates est ici assez particulière : ce sont des arcs de cercle (le centre est le pied du gnomon) dont l'espacement est lié à une circonférence zodiacale, tangente au cercle de hauteur décrit précédemment, et qui fait penser à une sorte de *menaeus*⁹.

9. Sur ce cercle auxiliaire décrit par Vitruve et qui servait à tracer les courbes zodiacales, voir D. Savoie et R. Lehoucq, « Étude gnomonique d'un cadran solaire découvert à Carthage », *Revue d'archéométrie*, 25 (2001), p. 25-34.

Les représentations des signes du zodiaque sont finement gravées à la périphérie de ce *menaeus*, accompagnées de leur symbole astrologique. Un Soleil rayonnant occupe le centre de ce zodiaque où chaque signe est divisé en trois décades¹⁰ ; il est facile de voir qu'au lieu d'occuper 360° sur l'écliptique, les douze signes en occupent 254° (valeur mesurée sur le cadran¹¹), soit 127° d'un solstice à l'autre¹². Entre les signes du zodiaque et le cercle gradué du *menaeus* en décades, on lit à droite *Qünnemmen des Tags* (augmentation de la durée du jour) et à gauche *Abnemmen des Tags* (diminution de la durée du jour), ce qui est cohérent puisque dans un cas la longitude du Soleil croît du solstice d'hiver au solstice d'été (de 270° à 90°), et dans l'autre cas elle croît du solstice d'été au solstice d'hiver (de 90° à 270°).

Ce *menaeus* de centre C détermine le rayon ρ des cercles de déclinaison (centrés sur le pied du gnomon P), en fonction de la longitude λ du Soleil. Appelons r le rayon du *menaeus* ; les mesures directes sur le cadran donnent un $\rho_{\text{été}}$ de 24,2 cm (solstice d'été) et un ρ_{hiver} de 11 cm (solstice d'hiver). Compte-tenu premièrement de ces extrêmes, que deuxièmement le secteur angulaire du *menaeus* mesure 127° angulairement entre les deux solstices, et troisièmement que ces 127° sont divisés en 6 secteurs égaux, on peut écrire :

$$\rho_{\text{été}}^2 = (\rho_{\text{hiver}} + r)^2 + r^2 - 2r(\rho_{\text{hiver}} + r)\cos 127^\circ$$

On en déduit que $r = 7,7$ cm, valeur confirmée par deux mesures directes sur le cadran solaire ($7,7 \pm 1$ mm). Connaissant r , on calcule ρ par :

$$\rho = \frac{r \sin \lambda'}{\sin \beta}$$

avec

$$\tan \beta = \frac{\sin \lambda'}{\left(\frac{\rho_{\text{hiver}} + r}{r}\right) - \cos \lambda'}$$

L'angle λ' est la longitude écliptique du Soleil « contrainte » par le secteur angulaire de 127° (fig. 9 page suivante) ; normalement, cet angle varie de 90° au solstice d'été à 270° au solstice d'hiver sur 180°. On a ici :

$$\lambda' = \left(\frac{127^\circ}{180^\circ}\right) \times 270^\circ - \left(\frac{127^\circ}{180^\circ}\right) \times \lambda$$

On vérifie bien que :

- si $\lambda = 90^\circ$ (solstice d'été), $\lambda' = 127^\circ$, $\beta = 14,8^\circ$, d'où $\rho = 24,2$ cm ;
- si $\lambda = 180^\circ$ (équinoxe), $\lambda' = 63,5^\circ$, $\beta = 24,4^\circ$, d'où $\rho = 16,8$ cm ;
- si $\lambda = 270^\circ$ (solstice d'hiver), $\lambda' = 0^\circ$, $\beta = 0^\circ$, d'où $\rho = 11$ cm ;

Sur le *menaeus*, les coordonnées de début d'un signe zodiacal s'obtiennent depuis P par :

$$x' = \rho \sin \beta$$

10. On ne peut pas s'empêcher de voir dans ce zodiaque héliocentrique une allusion à Copernic dont le *De revolutionibus* fut imprimé comme on le sait dans la ville où résidait Jamnitzer, Nüremberg.

11. Plusieurs frottages ont été effectués sur le cadran, permettant de faire des mesures précises de la position des lignes et des courbes.

12. Valeur très proche (est ce un hasard ?) de l'azimut au lever-coucher du Soleil au solstice d'été ; avec $\delta = 23,5^\circ$ et $\varphi = 49^\circ$, on obtient $A = \pm 127^\circ 26'$ et avec $\varphi = 50^\circ$, on obtient $A = \pm 128^\circ 20'$.

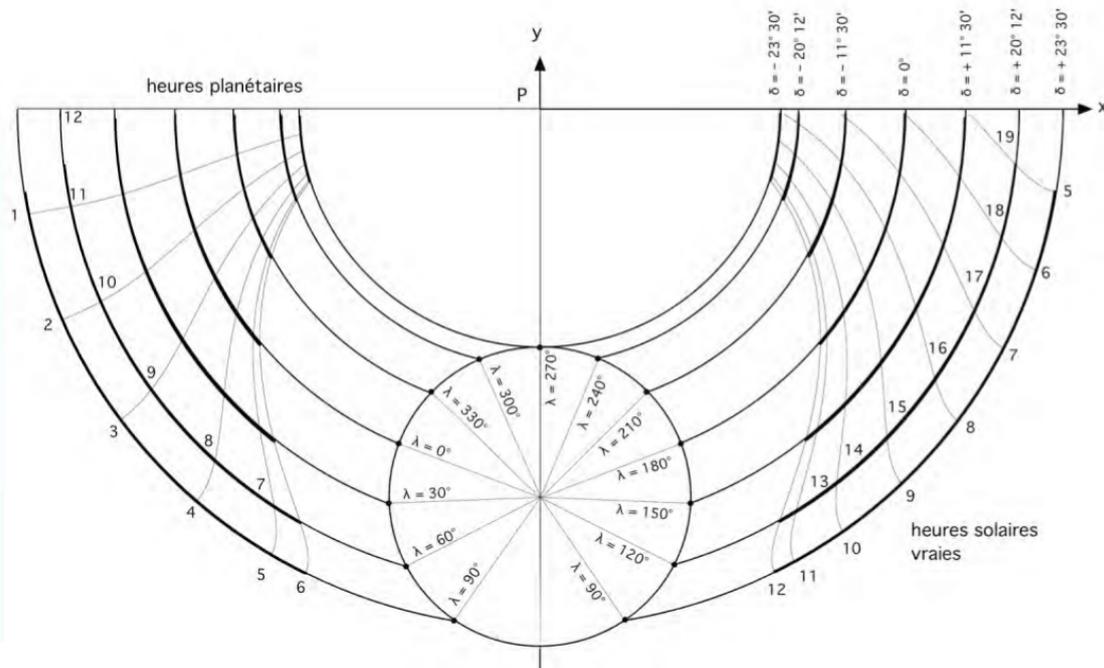


Figure 9 – Utilisation du *menaeus* pour le tracé des cercles de déclinaison.

$$y' = \rho \cos \beta$$

Le rayon équinoxial en particulier a pu être vérifié (16,8 cm ± 0,5 mm). Wenzel Jamnitzer a certainement utilisé un compas pour tracer géométriquement ces cercles de déclinaison puis a reporté sur chaque cercle un point horaire d'une même heure pour les relier ensuite ; on constate également que le rayon équinoxial ne partage pas en deux parties égales la distance entre les deux solstices. Il y a 12 cercles de déclinaison au total sur le cadran, soit une variation de la longitude écliptique tous les 15° (soit un demi-signe zodiacal, ce qui devrait donner 13 cercles), sauf pour le cercle voisin du solstice d'hiver ($\lambda = 255^\circ$) trop proche du cercle solsticial. On donne ci-après les comparaisons entre théorie et mesure, sachant que l'épaisseur d'un trait de gravure mesure entre 0,5 et 1 mm :

Les coordonnées d'un point d'une courbe d'heure se calculent par :

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos h \\ y &= -\rho \sin h \end{aligned}$$

h étant la hauteur du Soleil obtenue par :

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H \quad (1)$$

avec $\sin \delta = \sin \epsilon \sin \lambda$.

H étant l'angle horaire du Soleil ($1 \text{ h} = 15^\circ$) et φ la latitude du lieu. La hauteur du Soleil étant symétrique par rapport à midi solaire (méridien) le matin et l'après-midi, une même courbe horaire sert donc deux fois par jour (sauf midi) : 11 h-13 h, 10 h-14 h, etc. Les courbes vont ici de 5 h à 19 h (noté 7 h), avec une numérotation du matin près du cercle solsticial de 5 à 11, puis une numérotation de l'après-midi sur le cercle des Gémeaux de 1 à 7.

$\lambda = 270^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 11$	$\rho_{\text{théorie}} = 11 \text{ cm}$
$\lambda = 255^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = \text{n'existe pas}$	$\rho_{\text{théorie}} = 11,2 \text{ cm}$
$\lambda = 240^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 11,9$	$\rho_{\text{théorie}} = 11,9 \text{ cm}$
$\lambda = 225^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 12,9 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 12,8 \text{ cm}$
$\lambda = 210^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 14 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 14 \text{ cm}$
$\lambda = 195^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 15,4 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 15,4 \text{ cm}$
$\lambda = 180^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 16,8 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 16,8 \text{ cm}$
$\lambda = 165^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 18,2 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 18,2 \text{ cm}$
$\lambda = 150^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 19,5 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 19,6 \text{ cm}$
$\lambda = 135^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = \text{mesure difficile}$	$\rho_{\text{théorie}} = 20,9 \text{ cm}$
$\lambda = 120^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 22,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 22,1 \text{ cm}$
$\lambda = 105^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 23,3 \pm 0,1$	$\rho_{\text{théorie}} = 23,2 \text{ cm}$
$\lambda = 90^\circ$	$\rho_{\text{mesuré}} = 24,2$	$\rho_{\text{théorie}} = 24,2 \text{ cm}$

En ce qui concerne la détermination de la latitude pour laquelle est tracé le cadran solaire, la mesure sur la courbe midi¹³, aux équinoxes, de la hauteur du Soleil, alors égale à la co-latitude, soit $(90^\circ - \varphi)$, donne un angle $h = 41^\circ$, soit une latitude de 49° (fig. 10 page suivante). En mesurant directement les rayons ρ_{hiver} et $\rho_{\text{été}}$, on constate que c'est avec $\epsilon = 23^\circ 30'$ que les valeurs s'ajustent le mieux. Sur la courbe 12 h, la mesure de la distance entre le point d'intersection avec l'arc d'hiver et avec l'arc équinoxial donne 7,9 cm. Avec cette valeur, on obtient une obliquité de $22^\circ 45'$; en fait, 1 mm d'erreur sur une mesure engendre une erreur d'au moins $30'$ dans l'obliquité. On peut considérer ces résultats comme satisfaisants, il serait illusoire de chercher une détermination des paramètres primaires (latitude, obliquité) à la minute de degré près, d'autant que l'hypothèse d'une fourchette de latitudes rend toute détermination précise très difficile.

Comme toujours avec les cadrans de hauteurs portatifs, on vérifie qu'il est très défailant vers midi, en particulier en hiver, avec un resserrement de 3 à 4 mm entre les courbes 12 h et (11 h-13 h). Le cadran de gauche indique les heures planétaires¹⁴, autrement dit temporaires (la durée du jour est égale à 12 heures toute l'année). Le calcul des courbes d'heures s'obtient depuis P par :

$$\begin{aligned}x &= -\rho \cos h \\y &= -\rho \sin h\end{aligned}$$

L'angle horaire de la formule 1 page ci-contre doit être modifié de la façon suivante :

$$H = k \frac{H_0}{6}$$

avec $\cos H_0 = -\tan \varphi \tan \delta$ et k variant de -5 à $+5$ ($k = 0 = 6$ h temporaire qui correspond à midi solaire). Comme pour le cadran en heures vraies, une même courbe horaire temporaire

13. Il s'agit de la courbe horaire avec laquelle une erreur de mesure a le moins de répercussion sur le résultat, privilège qu'elle partage quasiment avec la courbe 11 h-13 h. Pour effectuer ces mesures, il est nécessaire de démonter l'essieu central du disque.

14. On trouve plusieurs exemples de tracés horaires en heures planétaires en fonction de la latitude dans Apianus, *Instrument Buch, op. cit.*

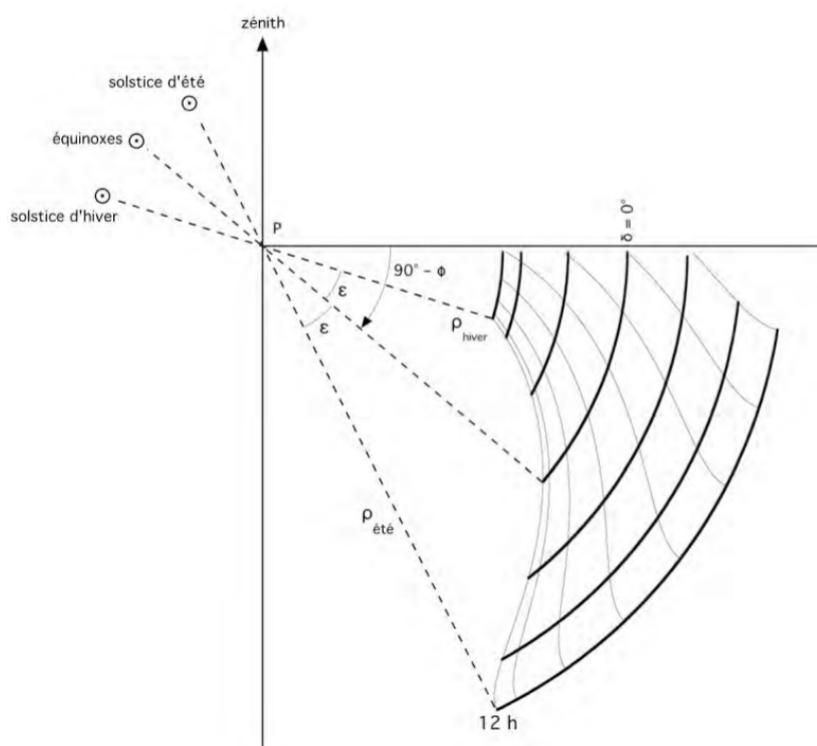


Figure 10 – Principe de détermination de la latitude et de l'obliquité.

sert deux fois par jour (sauf 6) : 5 h-7 h, 4 h-8 h, etc. Les courbes vont ici de 1 h à 12 h, avec une numérotation du matin près du cercle solsticial de 1 à 6, puis une numérotation de l'après-midi sur le cercle des Gémeaux de 7 à 12 (coucher du Soleil).

Entre les deux abaques gnomoniques, Wenzel Jamnitzer a gravé deux Atlas, un de face, un de dos, portant une sphère céleste.

Pour fonctionner en mode cadran solaire, l'essieu central devait être démonté ; un gnomon plus fin devait le remplacer. Sa longueur devait être suffisante pour que l'ombre soit nette, bien que théoriquement infinie, pour qu'en été on puisse lire midi. Si on admet un petit décalage de 5° en azimut par rapport au Sud à midi, le gnomon devait mesurer au moins 2 cm pour atteindre le point de lecture. Il n'existe pas, contrairement à l'exemplaire de Dresde¹⁵, un point de suspension (pour une bélière par exemple) afin de maintenir le disque vertical, ce qui pose la question de sa réelle utilisation gnomonique (fig. 11 page suivante).

La partie supérieure du disque est occupée par un grand cercle percé d'un trou central vide (*cf. infra*), encadré de deux allégories traitant de thèmes chers à Jamnitzer : la nature exubérante à gauche, le travail du métal par le feu à droite. Les deux gravures sont agrémentées d'animaux que l'on retrouve fréquemment chez le Maître de Nuremberg : salamandre, insectes (scarabées ?), canard, rapace, serpent, poisson, une taupe (ou une musaraigne ?).

15. L'exemplaire de Dresde (qui possède aussi un essieu central) contient quelques différences très mineures avec le disque de l'Observatoire de Paris : dans le cadran d'heures planétaires, le nombre 12 est absent. Le nom des heures est aussi différent (*Planeten Stunden* au lieu de *Die Planeten Stunden*). Les tableaux astrologiques sont identiques ; par contre toutes les allégories sont différentes, y compris les décors d'arrière plan. Le trou vide dans l'exemplaire de l'Observatoire est par contre occupé par un curseur mobile qui divise une circonférence en quatre secteurs de 90° numérotés I, II, III, IIII, eux mêmes divisés en neuf secteurs de 10°. L'usage de ce curseur reste à comprendre.

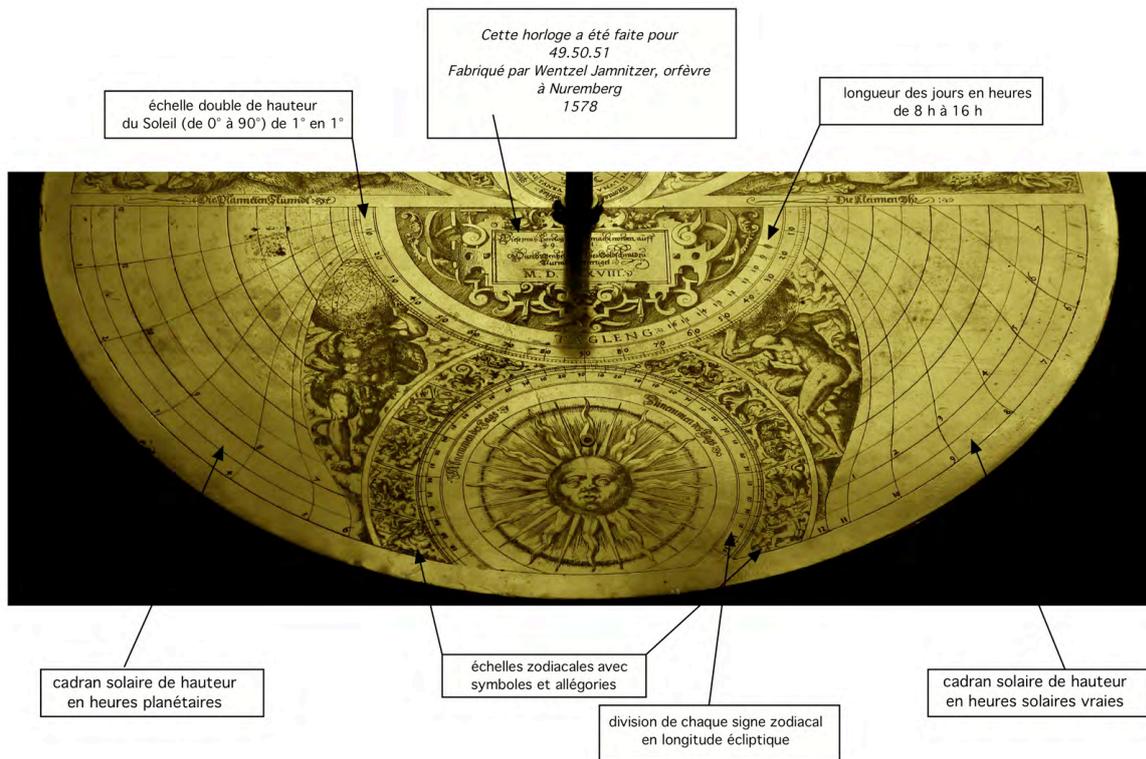


Figure 11 – Contenu de la face gnomonique inférieure.

Le tableau en arc de demi-cercle est celui du régent des heures, c'est-à-dire l'association d'une heure à une planète, plus précisément aux sept astres errants¹⁶, principe astrologique qui détermine l'ordre de succession des jours de la semaine. On vérifie qu'au bout de 24 h, en comptant par exemple à rebours l'ordre géocentrique des planètes depuis Saturne jusqu'à la Terre, le chiffre 1 (partie gauche du tableau avec les noms des jours en allemand) est successivement attribué au Soleil (dimanche, *Sonntag*), 2 à la Lune (lundi, *Montag*), 3 à Mars (mardi, *Dienstag*), 4 à Mercure (mercredi, *Mittwoch*), 5 à Jupiter (jeudi, *Donnerstag*), 6 à Vénus (vendredi, *Freitag*) puis enfin 7 à Saturne (samedi, *Samstag*).

On reconnaît aisément sur la couronne supérieure les symboles astronomiques/astrologique du Soleil, de Vénus, de Mercure, de la Lune, de Saturne, de Jupiter, de Mars. Puis la séquence se répète une deuxième fois et se poursuit sur la couronne inférieure (fig. 12 page suivante).

Sous ce tableau, un petit cercle divisé en sept secteurs, résume le principe : on y trouve successivement depuis le centre le jour de la semaine (1, 2, 3 ...), le symbole zodiacal de la planète, son nom latin puis son nom allemand. Deux allégories encadrent ce petit cercle : à gauche un personnage assis qui trace au compas des secteurs angulaires dans un cercle tracé sur une planche. À droite un autre personnage qui semble faire une mesure de hauteur à l'aide d'un cadran solaire de hauteur en visant un astre à travers deux pinnules, tenant entre ses pieds un globe avec ses méridiens et ses parallèles. Ces deux « astronomes » au travail

16. Sur les explications des heures planétaires et de leur association par Dion Cassius aux jours de la semaine, voir D. Savoie, *Recherches sur les cadrans solaires*, Brépols, Turnhout, 2014, p. 128-131.

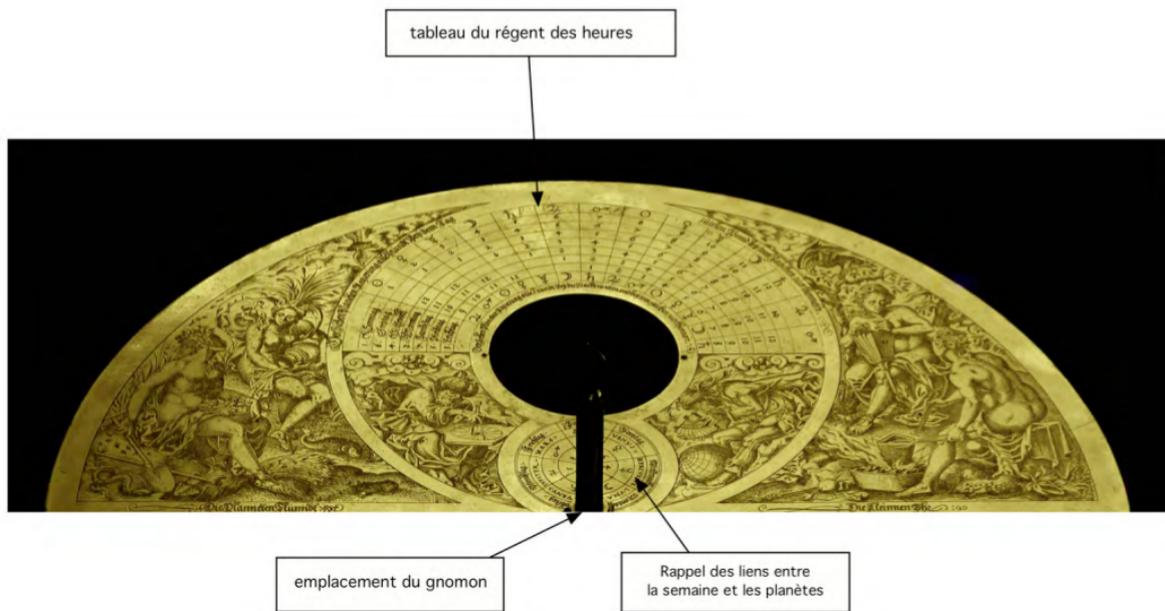


Figure 12 – Contenu de la face gnomonique supérieure.

portent un couvre-chef qui tient du turban, leur donnant un caractère oriental qui fait penser à Ptolémée ¹⁷.

2 Face B (face de mesures d'angles)

Cette face comporte des indications qui n'ont pas toutes trouvé d'explication. L'essentiel tient en un carré des ombres de presque 18 cm de côté, au centre duquel est placé une table en demi-cercle où l'on trouve 6 colonnes arquées qui contiennent les nombres de 1 à 60, puis les multiples de 2 jusqu'à 120, les multiples de 3 jusqu'à 180, les multiples de 7 jusqu'à 420, les multiples de 9 jusqu'à 540 et enfin les multiples de 16 jusqu'à 960. À l'intérieur de cette table se trouve un demi-hexagone comportant 24 lettres associées aux 24 premiers chiffres. Au centre est gravé :

*In diesem Zirkel mit
A.B.C.D bezeichnet
sindt (lege : sihet ?) man was wornen
abgesehen ist, darnach
zu verjunngen züge
brauchen.*

L'usage de cet ensemble reste à comprendre. Au-dessus est gravé un cercle tronqué divisé par deux diamètres en quatre secteurs notés *A, B, C, D* dans le sens anti-horaire ¹⁸. Les

17. I. Pantin, *Une École d'Athènes des astronomes ? La représentation de l'astronome antique dans les frontispices de la Renaissance*, *Images de l'Antiquité, le texte et son illustration*, Colloque Paris XII, 1991, Paris, 1993, p. 87-95.

18. Dans le disque de Dresde, le sens des lettres est horaire. De plus, une inscription est gravée sur le pourtour (absente dans le disque de l'Observatoire).

diamètres¹⁹ portent les inscriptions latines (?) *cathetus* (ligne perpendiculaire) et *basis* (base). Le lien entre ce cercle tronqué, le carré des ombres et la graduation périphérique du disque reste à élucider. On peut vérifier que les angles menés depuis le centre de ce cercle et aboutissant à la troncature correspondent à l'azimut du Soleil au lever-coucher au solstice d'été. Mais il est difficile de dire si cela est dû ou non au hasard.

Le carré des ombres, que l'on rencontre fréquemment au dos des astrolabes²⁰, est de facture classique dans sa présentation : à une double graduation verticale (*umbra versa*) et horizontale (*umbra recta*) sont associés les nombres 3, 6, 9, 12. Par contre, l'axe où devait se fixer l'alidade, est excentré, ce qui semble inédit. L'alidade qui devait exister devait en outre être très légèrement à distance du disque pour ne pas frotter ou buter sur la base de l'essieu qui ressort de un ou deux millimètres sur cette face.

Cet axe de rotation est non seulement le point de convergence des graduations du carré des ombres, mais c'est aussi le point de convergence des graduations gravées sur le pourtour du disque, faisant office de limbe. Les graduations vont de 0° à 180°, de un en un, marquées tous les 5, chaque « degré » étant divisé en 0,2. Entre 70 et 90°, on trouve une deuxième graduation parallèle, non linéaire (du genre chaque intervalle divisé par 2), de 1 à 13, dont l'usage n'est pas élucidé (fig. 13). Or, les graduations du carré des ombres ne coïncident pas avec celles

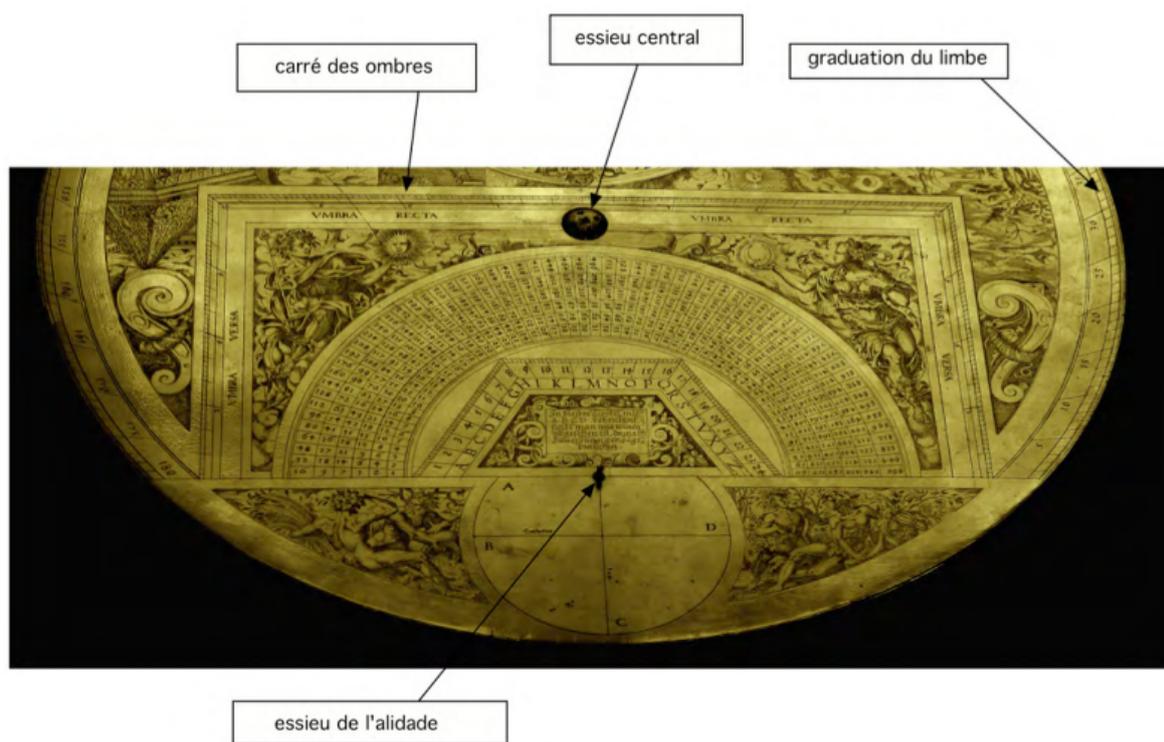


Figure 13 – Contenu de la face des mesures : le lien entre la table, le demi-hexagone et le cercle tronqué reste à élucider.

du limbe extérieur. Par exemple un angle de 45° sur le carré des ombres coïncide avec un angle d'un peu plus de 40 sur le limbe. Le disque de Dresde présente la même particularité. Il ne s'agit pas d'une graduation en degrés au sens où on l'entend habituellement ; en d'autres

19. L'exemplaire de Dresde ne comporte pas ces indications.

20. Pour une étude détaillée du carré des ombres, voir R. D'Hollander, *L'astrolabe, Histoire, théorie et pratique*, éd. Institut Océanographique, Paris, 1999, p. 130-132.

termes, un angle de 15 mesuré depuis le point de convergence des graduations ne fait pas 15° sur le limbe. Cela reste une énigme. A l'intérieur du carré des ombres, on reconnaît à gauche une Séléne flottant dans le ciel et portant dans sa main droite la Lune, tandis qu'à droite lui répond une sorte d'Hélios tenant un sceptre en main droite et portant le Soleil en main gauche.

C'est grâce à l'exemplaire de Dresde, plus complet, que l'on peut voir que le trou vide du disque de l'Observatoire devait être occupé par une sorte de boussole munie d'un demi-cercle gradué qui se relevait autour de deux charnières. Peut être qu'un niveau était aussi présent. La question de l'utilisation de l'essieu se pose alors : servait-il à enficher le disque sur un trépied pour le maintenir horizontalement ? Ou bien était-il enfiché de façon à être vertical ? Autant le carré des ombres peut servir à faire des mesures de hauteur d'astre ou de point à l'horizon, ce qui supposerait un usage « topographique » de la face *B* du disque. Autant la signification de la graduation du limbe reste énigmatique. Sous le trou vide excentré, un cartouche est gravé :

*In diesem Zirkel A.B.C.D.
gezaichent sihet man wie
[.. ?..] die verruchung (?)
ist nach den Compass*

L'ensemble est entouré de sept blasons²¹. En partant de celui situé en face de la lettre *D* dans le sens horaire, on trouve (fig. 14) :

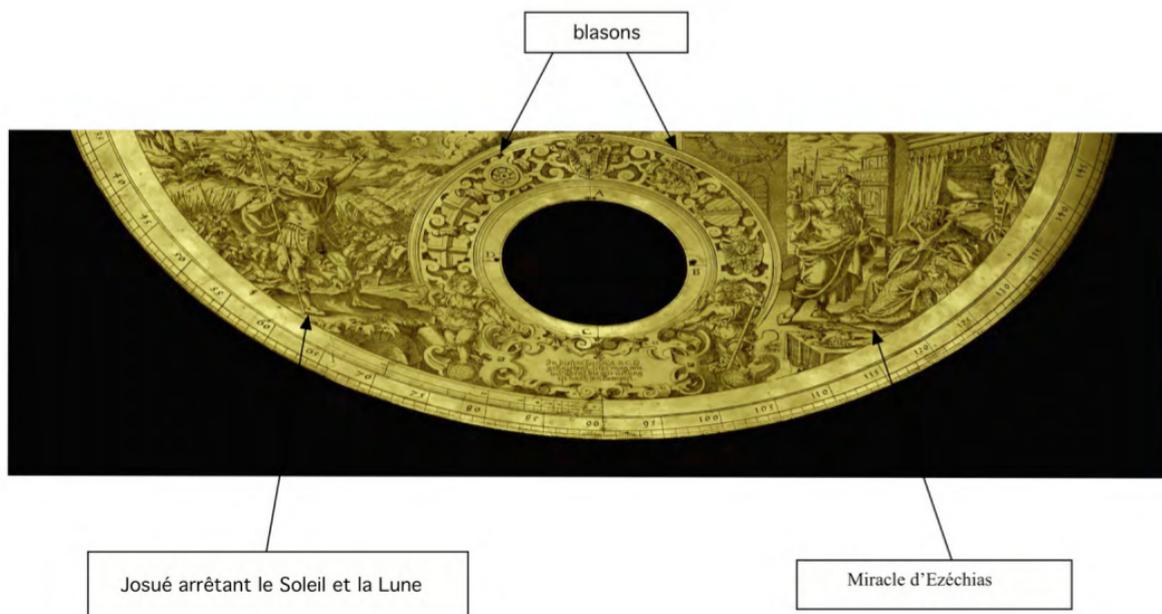


Figure 14 – Contenu de la face des mesures et de ses allégories astronomiques.

- le blason de l'archevêque de Cologne (ou de Trêves)
- le blason de l'archevêque de Trêve (ou de Cologne)
- le blason de l'archevêque de Mayence

Au-dessus de la lettre *A*, à la place d'honneur, on trouve les armes du roi de Bohême, qui est aussi empereur d'Autriche. Puis :

21. Je dois ces informations à Paul Gagnaire (Commission des cadrans solaires).

- le blason du comte palatin du Rhin
- le blason du duc de Saxe
- le blason du margrave de Brandebourg

La partie droite du disque est occupée par une magnifique gravure représentant le miracle d’Ezéchias et la rétrogradation de l’ombre. De nombreux détails sont ici représentés par Wenzel Jamnitzer, comme le cadran solaire (à style polaire) sur lequel va s’effectuer la rétrogradation de l’ombre et que pointe du doigt le prophète Isaïe, ou les figures qui gisent aux pieds d’Ezechias²² adossé à son lit richement orné. La partie gauche du disque est occupée par une autre scène biblique, celle de Josué arrêtant le Soleil et la Lune. Là encore, Wenzel Jamnitzer grave avec de nombreux détails cette scène célèbre : pluie de pierres tombant du ciel, entrée de la grotte où se sont réfugiés les rois, armée en déroute, Josué en combattant s’adressant au Soleil et à la Lune.

Ce cadran solaire de hauteur de Wenzel Jamnitzer est non seulement d’une beauté sublime, mais c’est aussi une prouesse de calcul dans ses indications, dont certaines restent encore à comprendre.

L’auteur remercie pour leur aide précieuse Emilie Kaftan (Observatoire de Paris), Concetta Luna (École Normale Supérieure de Pise), Philippe Thébault (Observatoire de Paris), Paul Gagnaire (Commission des cadrans solaires) et Marc Goutaudier (Palais de la découverte).



22. On retrouve cette scène dans les *Opera mathematica* de Clavius, parus à Mainz en 1612, où l’on voit en bas à gauche du frontispice une vignette qui contient un cadran solaire vertical à style polaire au-dessus d’une porte. Sur l’explication gnomonique de la rétrogradation, voir D. Savoie, *La Gnomonique*, éd. Les Belles Lettres, Paris, 2007, p. 401-410. Sur la signification de ce miracle dans les frontispices (ainsi que le miracle de Josué), voir V. R. Remmert, *Picturing the Scientific Revolution*, Saint Joseph’s University Press, Philadelphia, 2009, p. 25-36.