



HAL
open science

Le compendium astronomique d'Érasme Habermel de l'Observatoire de Paris

D. Savoie

► **To cite this version:**

D. Savoie. Le compendium astronomique d'Érasme Habermel de l'Observatoire de Paris. Cadran Info, 2023. hal-04108489

HAL Id: hal-04108489

<https://hal.science/hal-04108489v1>

Submitted on 27 May 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Le compendium astronomique d'Érasme Habermel de l'Observatoire de Paris

par Denis Savoie ¹

MOTS CLEFS

Compendium; convertisseur horaire; italiques, babyloniens, planétaires.

RÉSUMÉ

Le compendium astronomique construit au XVI^e par Érasme Habermel est un chef d'oeuvre d'orfèvrerie destiné à la conversion des différents types d'heures à l'aide d'abaques munis d'ostenseurs.

©2023 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Parmi les cinq instruments signés Érasme Habermel (1538?-1606) dont trois sont datés et que possède l'Observatoire de Paris, le plus sophistiqué — pour ne pas dire le plus beau — est sans conteste la boîte rectangulaire en bronze doré de 21 cm de haut pesant près de 2 kg où les six faces sont gravées ² et qui repose sur quatre griffes de lion (fig. 1 page ci-contre). La face principale comporte un cadran solaire méridional utilisable pour plusieurs latitudes tandis que sur les trois autres faces verticales sont gravées des abaques de conversions d'heure, munis d'ostenseurs ³. Le haut de la boîte comporte un système de visée à alidades à des fins d'arpentage, avec une boussole centrale tandis que l'assise de la boîte est munie d'un calendrier solaire zodiacal. La fonction de cet instrument, liée à l'usage des différents types d'heures utilisés en Europe en cette fin de Renaissance, est sans équivoque.

C'est au sommet sur la face principale qu'on lit *Pragæ fecit Erasm habermel* [Fait à Prague par Érasme Habermel]. La signature du plus fameux constructeur d'instruments scientifiques du XVI^e siècle (environ 150 instruments répertoriés ⁴) atteste que ce compendium était destiné

1. Universcience et Observatoire de Paris (Syrte).

2. Wolfgang Eckhardt, « Erasmus Habermel und Josua Habermel : zur Biographie des Instrumentenmachers Kaiser Rudolf II », *Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen* 21, 1976, p. 5, désigne l'instrument, sommairement décrit, comme « Compendium astronomico-mathématique », ce qui est une assez bonne définition, et date sa construction vers 1600.

3. Nom donné à une règle pivotante qui facilite la lecture, appelée *ostensor* en latin.

4. Le *Catalogue des instruments connus d'Érasme Habermel*, Centre national d'histoire des Sciences, manuscrit, 1937, donné par Henri Michel où il répertorie environ 90 objets constitue une bonne base même s'il est incomplet. Le catalogue de Wolfgang Eckhardt (*cf. supra*) est beaucoup plus exhaustif. Rappelons que Habermel a aussi construit pour Tycho Brahe un célèbre sextant. On consultera également Alfred Rohde, *Die Geschichte der Wissenschaftlichen Instrumente*, Leipzig, 1923, qui commente de nombreux instruments d'Habermel.



FIGURE 1 – Vue générale du compendium avec au premier plan sur la face Sud le cadran solaire méridional et son échelle pour plusieurs latitudes, surmonté d'une boussole et de ses alidades.

à un très haut dignitaire éclairé et l'on pense immédiatement à celui qui l'a nommé en 1594 par décret impérial « *Fabricant d'instruments astronomiques et géométriques* » de la cour⁵, à savoir l'empereur Rodolphe II (1552-1612). Sur l'objet lui-même, on ne dispose d'aucune information, y compris sur les raisons de sa présence dans les collections de l'Observatoire de Paris⁶. Ce magnifique instrument tout à fait unique n'ayant jamais été étudié, on se propose ici d'en donner une description détaillée.

1 Face méridionale

Il s'agit de la face principale sur laquelle est gravée un cadran solaire vertical méridional fonctionnant pour plusieurs latitudes grâce à un gnomon rabattable (fig. 2 page suivante) : une charnière permet de rabattre complètement non pas le style lui-même mais le gnomon horizontal en forme de clé⁷. Ce gnomon mesure 11,5 cm ; déplié et perpendiculaire au plan du cadran, des trous très fins permettent de passer un fil tendu qui jouait le rôle de style, chaque emplacement étant gravé sur le gnomon (50°, 48°, 45°, 42°).

Quarante localités avec leur latitude sont gravées dans le cartouche central (*Elevatio poli*). Il y a quatre échelles latérales qui permettent de lire l'heure solaire pour les latitudes 42°, 45°, 48° et 50° ; mais le trou d'implantation du style se trouve réservé pour une utilisation prioritaire à la latitude de Prague qui est de 50°, comme le montrent aussi l'alternance des graduations colorées des demi-heures pour cette latitude⁸ ainsi que les traits pleins qui coupent les chiffres romains en allant jusqu'aux bords du cadran. Une fois rabattu contre le cadran, Habermel a élégamment calculé sa longueur pour que son sommet aboutisse en haut du cartouche central. Les demi-heures des autres latitudes sont figurées par des segments et les quarts d'heure par des points. Il y a une double chiffraison : en chiffres romains à l'extérieur (de VI à XII le matin puis de XII à VI l'après-midi) et en chiffres arabes dans les graduations, ce qui permet de lever

5. Érasme Habermel s'installa à Prague dans les années 1570 : sur sa biographie comme sur ses instruments, voir Ernst Zinner, *Deutsche und Niederländische Astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts*, Munich, 1956, p. 329-346. L'instrument décrit ici est mentionné sans détail p. 341. Si on ne dispose d'aucune information sur le destinataire de l'instrument, on sait qu'il devait être catholique (ce qui est le cas de Rodolphe II) comme le montre le calendrier zodiacal situé sous l'instrument et qui place l'équinoxe de printemps au 20/21 mars, donc en calendrier grégorien (cf. *infra* « face inférieure »).

6. L'objet pourrait être un don de Christine de Suède à Jean-Dominique Cassini, l'instrument 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, ce qui est plus vraisemblable. L'amiral Mouchez (directeur de l'Observatoire de 1878 à 1892), dans son *Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire pendant l'année 1879*, signale simplement « une curieuse collection d'instruments allemands du XVI^e siècle parfaitement conservés, cadrans solaires, boussoles, astrolabes, machine à calcul, qui étaient enfermées dans une armoire des Archives et dont rien ne peut expliquer la présence à l'Observatoire de Paris ». 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, où un dessin de la boîte d'Habermel est donné.

7. On ne peut que souligner la difficulté à lire l'heure sur une surface dorée avec un style si fin. Cette forme de clé a été utilisée par Habermel pour d'autres cadrans solaires : voir par exemple Wolfgang Eckhardt, « Erasmus Habermel und Josua Habermel : zur Biographie des Instrumentenmachers Kaiser Rudolf II », *op. cit.*, p. 57 où il s'agit d'un cadran solaire horizontal. Voir également le compendium du musée d'Histoire des sciences d'Oxford (inv. 44392).

8. On notera que les latitudes, arrondies au degré, présentent pour certaines villes des écarts avec les vraies valeurs : c'est le cas par exemple pour Paris (48° au lieu de 49°). Rappelons que 1° d'erreur en latitude se traduit au maximum dans la lecture de l'heure par une erreur de ±1,73 minute : voir Denis Savoie, *La Gnomonique*, Les Belles Lettres, Paris, 2007, p. 318-320. On remarque qu'un second trou est situé sous celui se trouvant à l'intersection de la ligne midi et des lignes 6 h-18 h : seul ce point de convergence des lignes sert à implanter le style polaire.

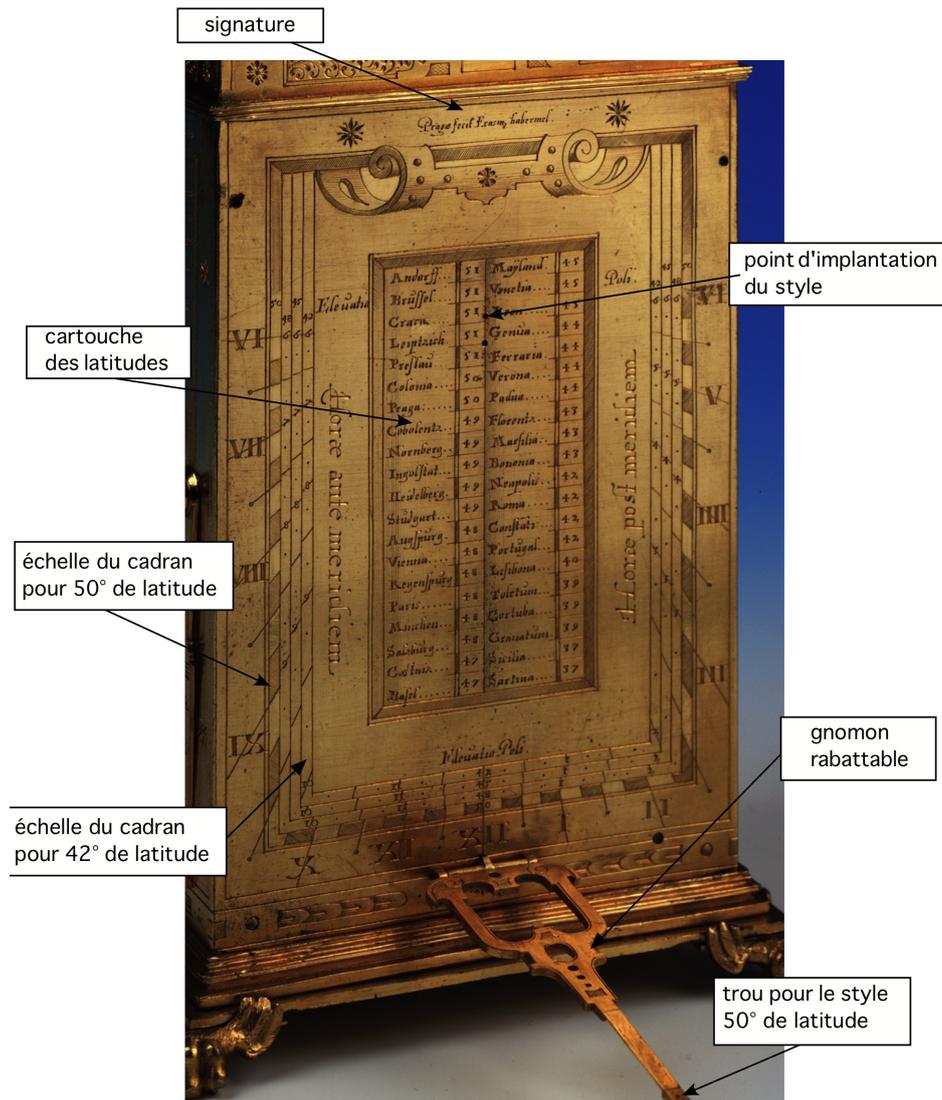


FIGURE 2 – Détail de la face méridionale.

les ambiguïtés⁹. À cela s'ajoute les indications *Horæ ante meridiem* (heures avant midi) et *Horæ post meridiem* (heures après midi). Le fonctionnement du cadran est lié à la boussole située sur le dessus de l'instrument puisqu'il faut orienter le cadran vers le Sud géographique.

2 Face occidentale

La face occidentale de l'instrument est un abaque de conversion qui permet de connaître l'heure de lever et de coucher du Soleil ainsi que la durée jour/nuit en fonction de la latitude du lieu et du signe zodiacal (fig. 3 page suivante). Il s'agit d'un secteur de 180° au centre duquel se trouve

9. Le plus grand écart (4,13) entre dans les angles tabulaires pour 50° et 42° de latitude a lieu pour $H = \pm 52,5$, soit 8 h 30 m et 15 h 30 m. Rappelons que l'angle tabulaire H' d'une ligne horaire avec midi se calcule par $\tan H' = \cos \varphi \tan H$.



FIGURE 3 – Vue générale de la face occidentale servant à la détermination des heures de lever et de coucher du Soleil en fonction de la date et de la latitude.

un ostenseur gradué en signes zodiacaux. Le tracé n'est pas sans rappeler celui de certains tympan d'astrolabes, appelé tympan des horizons¹⁰.

Le secteur de 180° est lui-même divisé en deux parties indiquées par les inscriptions des écoinçons : une partie *Pro Signis Borealis* qui s'utilise de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne lorsque la déclinaison du Soleil est positive, soit du signe du Bélier jusqu'à celui de la Vierge. Et une partie *Pro Signis Australis* qui fonctionne de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps lorsque la déclinaison du Soleil est négative, soit du signe de la Balance jusqu'aux Poissons.

Comme il s'agit d'un tympan astrolabique, Habermel a tracé trois demi-cercles : le plus petit correspond au tropique du Cancer, celui du milieu correspond à l'équateur et le cercle le plus externe au tropique du Capricorne. Appelons R le rayon de l'équateur et faisons passer par P , point de rotation de l'ostenseur, un système d'axes orthogonaux, les x étant dirigés vers la droite et les y vers le haut (fig. 4). Les rayons des deux tropiques ne dépendent que de l'obliquité de l'écliptique ε , on a :

$$\begin{cases} R_{\text{Cancer}} = R \tan\left(45^\circ - \frac{\varepsilon}{2}\right) \\ R_{\text{Capricorne}} = R \tan\left(45^\circ + \frac{\varepsilon}{2}\right) \end{cases}$$

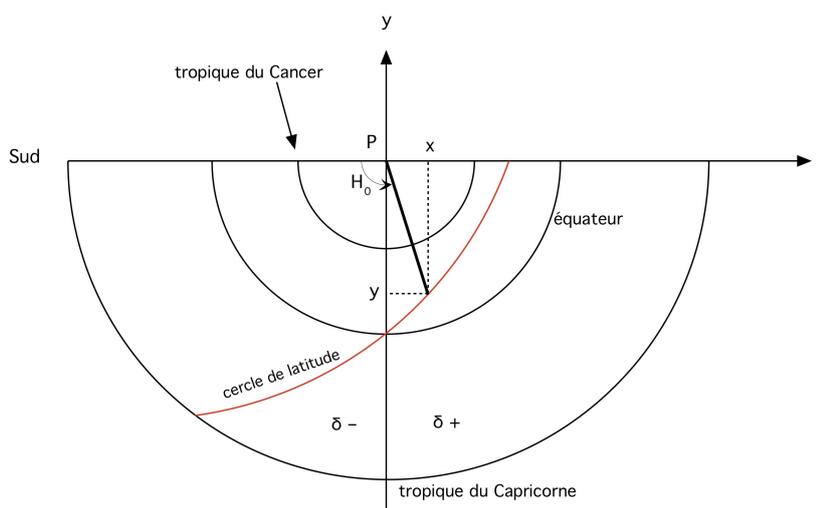


FIGURE 4 – Schéma pour le calcul des courbes de latitudes.

Détaillons la partie *Pro Signis Borealis*. Entre le tropique du Cancer et l'équateur se trouve toute une série d'arcs de cercles gradués très serrés, de 10° à 90° avec un pas de 2°, qui sont des arcs de latitude. Ils aboutissent tous en un point de convergence situé sur l'équateur ; les cercles multiples de 10° sont ornés de points. Depuis le point P , les coordonnées x et y d'un arc d'horizon se calculent par :

$$\begin{cases} x = R \frac{\sin(H + H') \cot H}{\sin \varphi} \\ y = -R \frac{\sin(H + H')}{\sin \varphi} \end{cases}$$

10. Il s'agit de la projection stéréographique d'horizons de différentes latitudes : voir Raymond d'Hollander, *L'Astrolabe, Histoire, Théorie, Pratique*, éd. Institut Océanographique, Paris, 1999, p. 178-181. On peut tracer au compas les arcs de cercles pour une latitude donnée : ce sont des arcs de rayon $(\frac{R}{\sin \varphi})$, leur centre étant sur le méridien à la distance $(-\frac{R}{\tan \varphi})$ depuis P .

avec $\sin H' = \sin H \cos \varphi$,

où H est l'angle horaire du Soleil qui varie de H_h à H_e : H_h est l'angle horaire au coucher au solstice d'hiver et H_e l'angle horaire au coucher au solstice d'été. On a :

$$\begin{cases} \cos H_h = \tan \varphi \tan \varepsilon \\ \cos H_e = -\tan \varphi \tan \varepsilon \end{cases}$$

Pour tracer un cercle, on fixe la latitude (par exemple 30°) et on fait varier H entre les deux valeurs extrêmes. On vérifie qu'au-delà de $\varphi = 90^\circ - \varepsilon$, donc au cercle polaire arctique, les arcs de cercles cessent d'intercepter le tropique du Cancer. Le point de convergence a pour coordonnées $\delta = 0^\circ$ et $H = 90^\circ$.

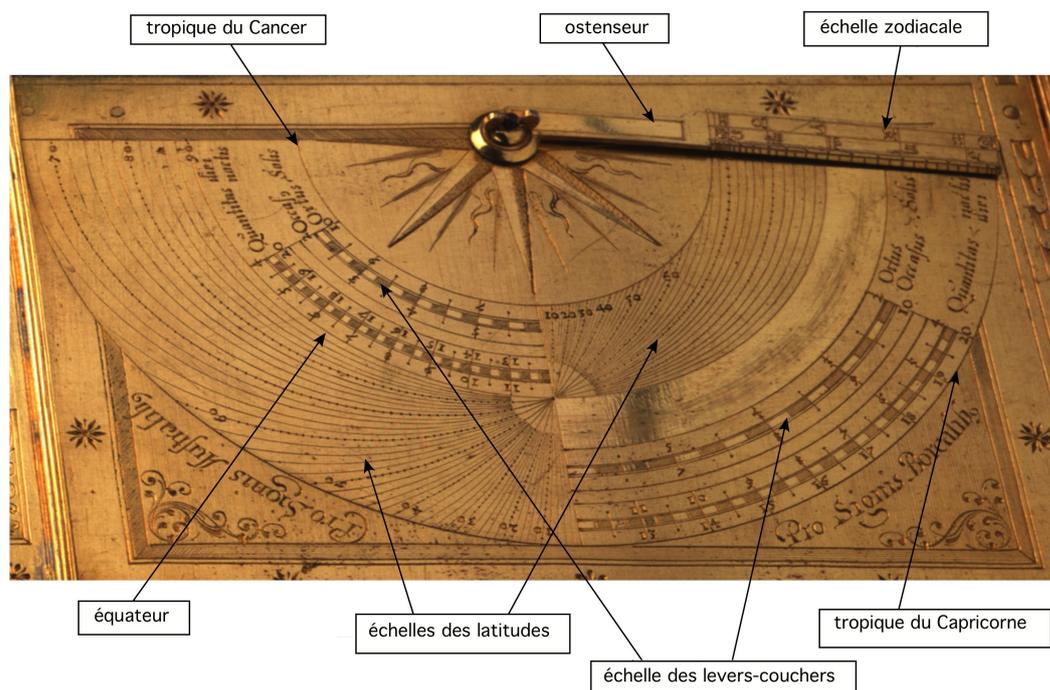


FIGURE 5 – Détail de la face occidentale.

Sous l'équateur (fig. 5) se trouve une zone vide due à une inégalité de largeur des bandes tropicales projetées par stéréographie, sous laquelle se trouvent deux échelles de 60° d'ouverture, appelées respectivement *Ortus/Occasus [Solis]* et *Quantitas [noctis/dies]*. L'échelle *Ortus/Occasus* est double et correspond aux heures de lever et de coucher du Soleil en fonction de la date et de la latitude : on a l'échelle *Ortus* = lever, graduée de 2 h à 6 h ; et l'échelle *Occasus* = coucher graduée de 10 h à 6 h. Entre chaque heure se trouvent quatre rectangles colorés qui figurent les quarts d'heure. Étant sur l'équateur, une heure sur cette échelle correspond à 15° . On notera l'importance du sens de la graduation : comme cette échelle est en lien avec l'abaque des latitudes, le segment vertical du secteur correspond à 0° de latitude. Sachant qu'à cette latitude la durée du jour est égale à celle de la nuit quelle que soit la date, à savoir 12 h, et que le Soleil s'y lève toujours à 6 h et s'y couche toujours à 18 h, on commence donc la graduation à 6. Bien que la face de l'instrument soit verticale, elle correspond à un tympan d'astrolabe horizontal : le pôle céleste Nord correspond au point d'implantation de l'ostenseur et le Sud se trouve vers la gauche (direction opposée aux abscisses). On lit en fait un angle horaire sur l'abaque.

Puis on trouve l'échelle *Quantitas* qui indique la durée du jour et de la nuit en fonction de la date et de la latitude. Là encore l'échelle est double : on a l'échelle *noctis* qui indique la durée de la nuit, graduée de 4 h à 12 h, et l'échelle *dies* graduée de 12 h à 20 h. Comme cette double échelle est dans la continuité de l'échelle des levers-couchers mais que son amplitude est de 8 h, le constructeur a dû comprimer l'échelle d'un facteur 0,5, de sorte de 1 h = 7°5.

Habermel a limité son secteur des heures de levers-couchers au maximum à un coucher tombant à 22 h (et lever le plus précoce à 2 h) ; ce qui correspond à latitude 63° 20' (en prenant $\varepsilon = 23;5$). On retrouve le même schéma pour le secteur de 90° fonctionnant *Pro signis australis*, donc en automne et en hiver. Cette fois-ci les arcs de cercle de latitude interceptent le tropique du Capricorne, jusqu'à la latitude du cercle polaire antarctique $\varphi = (\varepsilon - 90^\circ)$. Comme la zone comprise entre l'équateur et le tropique du Capricorne est plus large que celle entre le l'équateur et le tropique du Cancer¹¹, on note que l'échelle des latitudes est plus aérée même si le pas est toujours de 2°. Habermel a placé dans le reste de place compris entre l'équateur et le tropique du Cancer les deux échelles de durée du jour/nuit et celles des heures de levers-couchers, qu'il a limité ici aussi à 2 h-22 h pour les extrêmes (soit $-63^\circ 20'$ en latitude).

On notera que l'ostenseur (qui mesure 7 cm) possède une encoche latérale qui permet une lecture plus fine de la date (en fait de la longitude éclipstique du Soleil) tous les 5°. Mais le tassement de l'échelle au voisinage du Cancer rend l'usage très difficile. Le rayon d'une graduation de l'échelle est égal à :

$$R \tan \left(\frac{90^\circ - \delta}{2} \right)$$

où δ est la déclinaison du Soleil qui varie de $+23;5$ à $-23;5$. La déclinaison dépend elle-même de la longitude λ du Soleil que l'on fait varier de 5° en 5° de 0° à 360° : $\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda$.

L'utilisation de l'ensemble est simple : connaissant la date ou plutôt le degré du signe zodiacal, ainsi que la latitude du lieu, on amène l'ostenseur à l'intersection de l'arc de latitude tracé sur l'abaque avec la date de l'ostenseur : on lit ensuite sur les échelles les heures de lever, de coucher, de durée du jour et de la nuit. Plaçons-nous à Prague (latitude 50° comme l'indique le panneau *Elevatio poli* de la face méridionale) lorsque le Soleil entre dans le signe des Gémeaux (20/21 mai au XVI^e siècle, déclinaison $\delta = +20;2$) ; étant au printemps, on lit donc les heures dans la partie *Pro signis Borealis*. On lit sensiblement : lever ≈ 4 h 15 m ; coucher ≈ 7 h 45 m. Durée du jour ≈ 15 h 30 m ; durée de la nuit ≈ 8 h 30 m.

En théorie, on doit commencer par utiliser cette face donnant l'heure de coucher du jour, qui est la variable de conversion servant à l'usage des faces orientales et septentrionales.

3 Face orientale

La face orientale de l'instrument est un convertisseur d'heures italo-babyloniennes en heures solaires comptées depuis midi¹² (fig. 6 page suivante). Il se présente sous la forme d'un secteur de 180° dont le centre est le pivot d'un ostenseur gradué de 3 h à 9 h (avec des traits tous les quarts d'heure) que l'on amène manuellement soit sur les courbes de l'abaque, soit sur les chiffres romains qui bordent le secteur. Le principe est simple et astucieux : comme une heure italique (heure comptée depuis le précédent coucher de Soleil) ou une heure babylonique (heure comptée depuis le lever du Soleil) dépend pour être convertie en temps solaire « classique »

11. La largeur de la zone *Pro signis Borealis* est égale à 0,344 R tandis que la largeur de la zone *Pro signis Australis* est égale à 0,525 R.

12. Sur les heures italiennes et babyloniennes, voir Denis Savoie, *Une histoire des cadrans solaires en Occident*, Les Belles Lettres, Paris, 2021, p. 25-26.



FIGURE 6 – Détail de la face orientale.

(comptée depuis midi) de la date, Habermel a gradué son ostenseur en fonction de l'heure de coucher du Soleil (*Oc. Solis*), qui est donc la variable. On sait en effet que l'heure de coucher du Soleil dépend de la date et en l'adoptant, on évite d'introduire la latitude du lieu, ce qui donne une large fourchette d'utilisation de l'abaque¹³. Si l'on pose que l'heure de coucher de l'ostenseur varie de 15 h (3) à 21 h (9), on sait que l'on a :

$$\begin{cases} I = H - H_0 + 24 \\ B = H + H_0 - 24 \end{cases}$$

où I est l'heure italique, B l'heure babylonique, H_0 l'heure de coucher du Soleil, H l'heure solaire classique.

Le secteur de 180° est divisé en deux parties en chiffres romains avec dans les deux écoinçons les indications : *Horæ ante meridiem* de III à XII, et *Horæ post meridiem* de XII à IX, avec une subdivision en quarts d'heures figurée par l'alternance de secteurs clairs et colorés (fig. 7). On note qu'Habermel a comprimé 18 heures dans ce secteur de 180°, ce dont il faudra tenir compte dans le calcul. La base du secteur est aussi divisée en deux parties : *Horæ ab ortu*, c'est-à-dire « heures depuis le lever » pour la partie gauche, et *Horæ ab occasu* pour « heures de coucher » dans la partie droite.

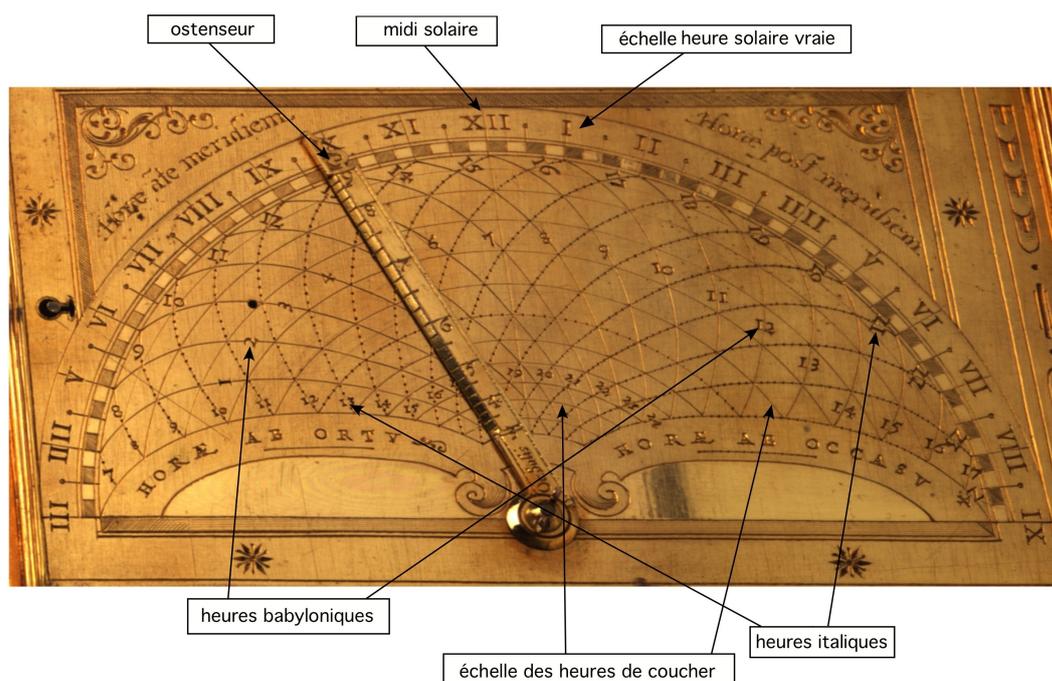


FIGURE 7 – Détail de la face orientale.

Sur l'abaque, les heures italiques sont figurées par des courbes pointillées qui vont de 7 à 24 (l'enveloppe *horæ ab occasu* correspond à 24 c'est-à-dire au coucher) avec une répétition des heures dans la partie inférieure et supérieure ; les courbes babyloniennes sont en trait plein et vont de 1 à 17 (l'enveloppe *horæ ab ortu* correspond à 0 c'est-à-dire au lever). Pour tracer l'abaque de façon moderne, on fait passer par le pivot de l'ostenseur un système d'axes orthogonaux, les x étant dirigés vers la droite, les y vers le haut (fig. 8 page suivante) depuis un point P . Un

13. En théorie, l'heure de coucher dépend de la latitude φ et de la date connue par la déclinaison δ du Soleil : $\cos H_0 = -\tan \varphi \tan \delta$ puis heure coucher = $12 + H_0/15$.

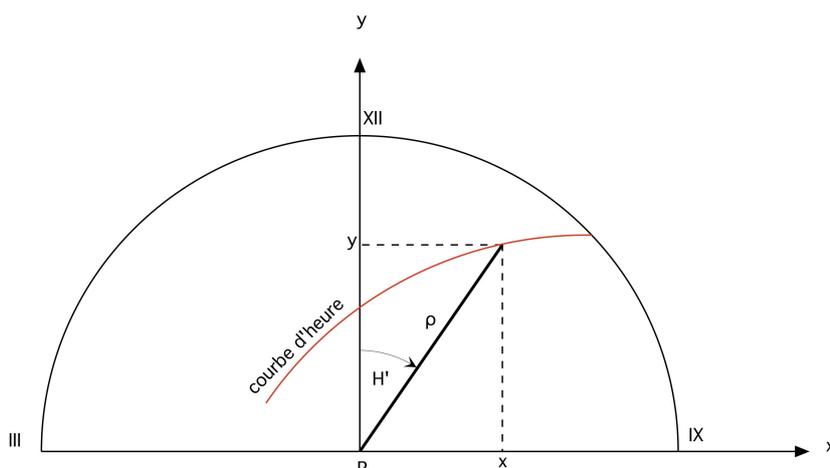


FIGURE 8 – Schéma pour le calcul des courbes d'heures italo-babyloniennes.

point de l'abaque a pour coordonnées :

$$\begin{cases} x = \rho \sin H' \\ y = \rho \cos H' \end{cases}$$

où H' est l'angle horaire du Soleil modifié (*cf. infra*). ρ est le rayon que l'on calcule de la façon suivante¹⁴ :

$$\rho = \rho_0 + \frac{(H_0 + 15)\Delta\rho}{6}$$

où ρ_0 est le rayon minimum qui correspond à la distance de P au point 3 h de l'ostenseur et $\Delta\rho$ l'amplitude en centimètres que l'on choisit entre 15 h et 21 h sur l'ostenseur. Par exemple si on prend un ostenseur de 11 cm et que l'amplitude choisie est de 10 cm, alors $\rho_0 = 1$ cm.

Habermel a fait figurer par les arcs de cercle l'échelle de l'heure de coucher qui constituent donc le troisième type de courbe que l'on trouve sur l'abaque : on voit par exemple que le plus grand arc correspond sur l'ostenseur à 9 et le plus petit à 3.

Dans le calcul des coordonnées x et y , il faut donc faire varier à la fois ρ mais aussi déduire H selon que l'on choisit de tracer une ligne italique ou babylonique. Dans le premier cas par exemple, on aura $H = I + H_0 - 24$. Il convient de tenir compte qu'Habermel a comprimé 9 heures dans chacun des deux secteurs de 90° , de sorte que l'on doit $H' = (H - 12) \times 10$.

Exemple 1 : supposons un ostenseur de 11 cm de long avec un ρ_0 de 1 cm. Calculons le point qui correspond pour la ligne italique 19 h à l'intersection avec la courbe de coucher 20 h. On a : $I = 19$, $H_0 = 20$, d'où $H = 15$ (15 h temps solaire vrai). D'où $H' = 30^\circ$, $\rho = 9,33$ cm, $x = 4,67$ cm et $y = 8,08$ cm.

14. On voit que l'ostenseur (de 7 cm de long) construit par Habermel n'a pas d'intervalles égaux entre les graduations : 3 à 6 mesure 2 cm tandis que 6 à 8 mesure 2,2 cm. On pourrait penser à une progression qui augmente de 3 jusqu'à 9 mais ce dernier intervalle redevient plus petit ; on note que 6 semble couper le rayon du cercle principal en deux. La formule donnée ici s'obtient de la façon suivante : on suppose que les heures de l'ostenseur suivent une progression linéaire. On sait que 6 h (de 15 h à 21 h) représentent la variation $\Delta\rho$: donc si l'on choisit une autre quantité (par exemple 16 h 30 m comme heure de coucher = H_0) que l'on note ΔH , une règle de trois donne comme variation $\left[\frac{\Delta H \Delta \rho}{6} \right]$; or ΔH est égal à (heure de coucher H_0 - heure minimale), d'où $\Delta H = H_0 - 15$.

Exemple 2 (fig. 9) : supposons que le Soleil se couche à 7 h (19 h) ; que valent les heures italiques et babyloniennes lorsqu'il est 13 h solaire (*I post meridiem*) ? On amène l'ostenseur sur l'index en chiffre romain I et on lit à l'intersection du chiffre 7 de l'ostenseur qu'il est 18 h italique et 8 h babylonique.

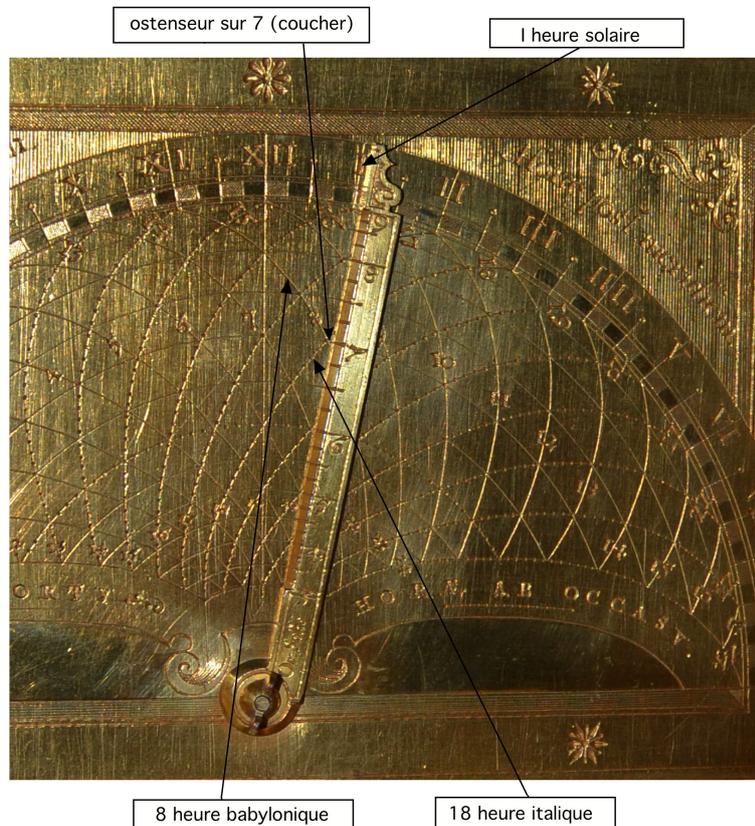


FIGURE 9 – Exemple d'utilisation de conversion d'heures.

Exemple 3 : supposons qu'il soit 7 h babylonique le jour où le Soleil se couche à 8 h (20 h) : quelle heure est-il en temps solaire classique et en heure italique ? On amène l'ostenseur à l'intersection de 8 h et de 7 h babylonique : on lit en chiffre romain qu'il est 11 h temps solaire classique et 15 h italique.

4 Face septentrionale

La face septentrionale (fig. 10 page suivante) permet la conversion de l'heure inégale aussi appelée planétaire¹⁵, en heure égale et inversement, en fonction de l'heure de coucher du Soleil : c'est l'objet de l'abaque supérieur. Le tableau situé en dessous permet de connaître le régent des heures en fonction du jour de la semaine.

L'abaque se présente sous la forme d'un cercle presque complet dont la base est munie d'un ostenseur de 8 cm de long gradué de 4 à 9, avec l'indication *Occa : Solis* qui signifie « coucher du Soleil ».

¹⁵. Sur les heures planétaires, voir Denis Savoie, *Recherches sur les cadrans solaires*, coll. « De Diversis artibus », Brepols, Turnhout, 2014, p. 128-139.



FIGURE 10 – Vue générale de la face septentrionale qui sert à convertir l’heure solaire en heure planétaire (inégale) et à déterminer le régent de l’heure.

Au-dessus le bandeau *HORÆ PLANETARVM DIEI* signifie « heures planétaires du jour ». Le cercle est entouré d’un bandeau de chiffres romains qui vont de III à IX : ce sont les heures solaires égales avec des divisions toutes les trente minutes (fig. 11 page suivante). On note que les chiffres IX, XII et XIII ne sont pas inscrits. À l’intérieur du cercle, sur les courbes de

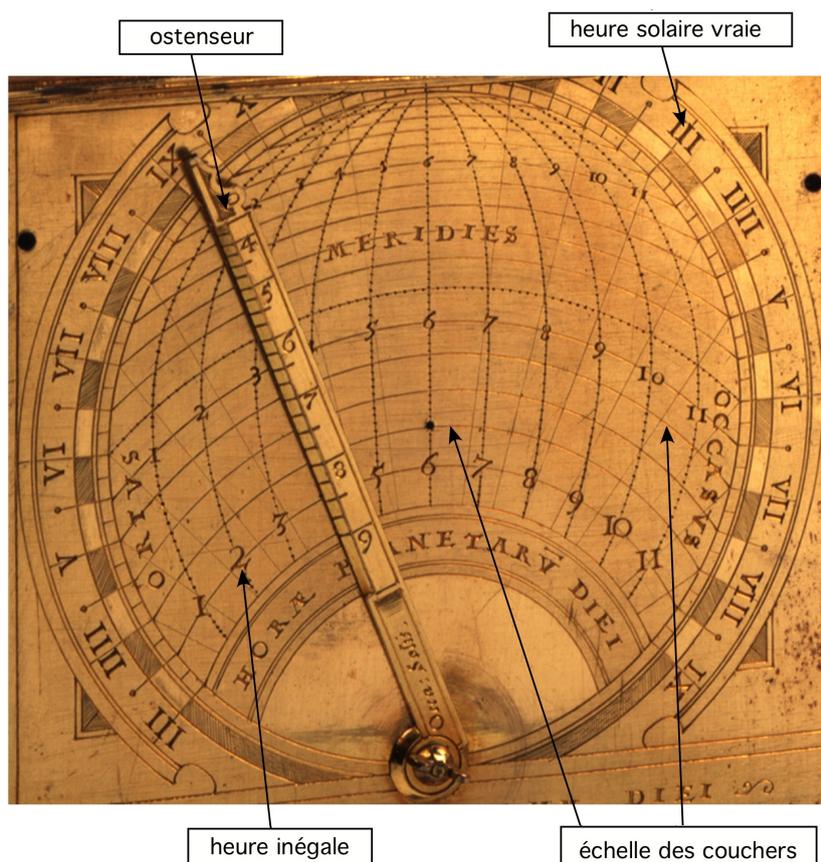


FIGURE 11 – Détail de la face septentrionale.

l'abaque, Habermel a répété trois fois la séquence de 1 à 11 des heures planétaires en chiffres arabes, précisant que 6 correspond à 12 heures égales avec *MERIDIES*. Enfin sur le côté gauche est inscrit *ORTUS* (lever) et sur le côté droit *OCCASUS* (coucher).

Rappelons qu'une heure inégale correspond à la douzième partie de l'intervalle de temps compris entre le lever et le coucher du Soleil ; cette heure inégale de durée variable, varie en fonction de la date et du lieu. Comme pour l'abaque de la face orientale, Habermel a choisi ici de prendre l'heure de coucher du Soleil comme variable.

On remarque plusieurs tracés sur l'abaque : d'abord les courbes des heures planétaires en pointillés, qui convergent vers le sommet du cercle. Ces courbes coupent des droites qui aboutissent aux chiffres romains : ce sont les droites d'heures égales. On note enfin des arcs de cercles qui aboutissent à des graduations latérales : ce sont les courbes d'heure de coucher, celle de 6 h (18 h) étant pointillée. Comme avec les abaqués des autres faces de l'instrument, on utilise l'ostenseur pour lire le résultat à l'intersection d'une courbe de coucher et de la courbe d'heure planétaire.

On passe de l'heure solaire égale H à l'heure inégale T par la relation :

$$T = \frac{6(H - 24 + H_0)}{H_0 - 12}$$

où H_0 est l'heure du coucher du Soleil.

Par exemple si un cadran solaire indique $H = 10$ h 50 m et que ce jour-là le Soleil se couche à 19 h, il est $T = 5$ h.

Faisons passer par P , point de rotation de l'ostenseur, un système d'axes orthogonaux, les x étant dirigés vers la droite et les y vers le haut (fig. 12). Les droites des heures égales sont faciles à tracer : on reporte sur la circonférence du cercle des angles horaires H de 15° en 15° depuis le centre, soit $(H/2)$ depuis le point P , de 0° à 135° de chaque côté. L'éventail va de 3 h du

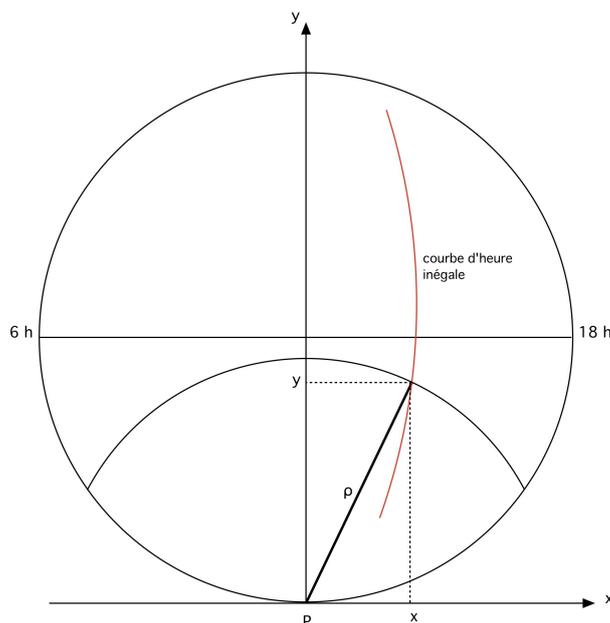


FIGURE 12 – Schéma pour le calcul des courbes d'heures inégales.

matin à 21 h, soit un angle de $67,5^\circ$ depuis le point P . On calcule un point de la courbe d'heure planétaire par :

$$\begin{cases} x = \rho \sin H/2 \\ y = \rho \cos H/2 \end{cases}$$

H étant l'angle horaire du Soleil. La quantité ρ désigne la longueur sur l'ostenseur qu'on utilise pour tracer une courbe, R étant le rayon du cercle. On a :

$$\rho = \sqrt{2R^2(1 + \cos H)}$$

avec $H = (H_0 - 12) \times 15$. Cela définit également les graduations de l'ostenseur (4 à 9).

ρ_{\max} est la longueur totale de l'ostenseur calculée de sorte que la graduation 4 ($4 \times 15 = 61^\circ$), qui correspond à un coucher à 16 h, décrive l'arc de cercle le plus petit depuis P . En fait Habermel a pris comme coucher le plus précoce 3 h 30 m (15 h 30 m) mais a tracé cinq autres arcs surnuméraires au-dessus (fig. 13 page suivante). On a :

$$\rho_{\max} = \sqrt{2R^2(1 + \cos 60^\circ)}$$

On calcule de même ρ_{\min} qui est la longueur sur l'ostenseur de la quantité correspondant à l'arc de cercle de la graduation 9 ($9 \times 15 = 135^\circ$), soit 21 h pour le coucher le plus tardif. On a :

$$\rho_{\min} = \sqrt{2R^2(1 + \cos 135^\circ)}$$

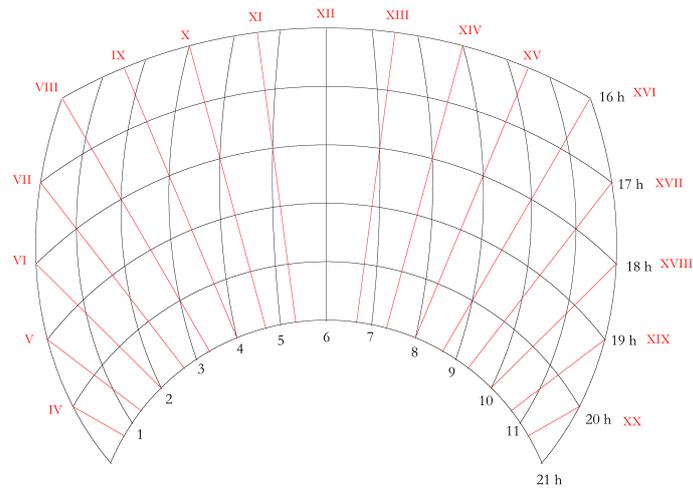


FIGURE 13 – Exemple de calcul de l’abaque de conversion des heures.

On fixe ensuite l’heure planétaire T dont on veut tracer la courbe et on fait varier l’heure de coucher H_0 . On a alors :

$$H = (H_0 - 12) \frac{T}{6} + 24 - H_0$$

L’utilisation de l’abaque est simple : en fonction de l’heure du coucher du Soleil, on amène la graduation sur l’heure planétaire et on lit directement sur la circonférence l’heure solaire égale. Par exemple (fig. 14) lorsque le coucher est à 16 h (ostenseur sur 4) et qu’il est III h solaire (heure égale), on lit qu’il est 10 h inégale ou planétaire. De même lorsque le Soleil se couche à 4,5 h (16 h 30 m) et qu’un cadran solaire indique 3 h (15 h), il est 10 h planétaire.

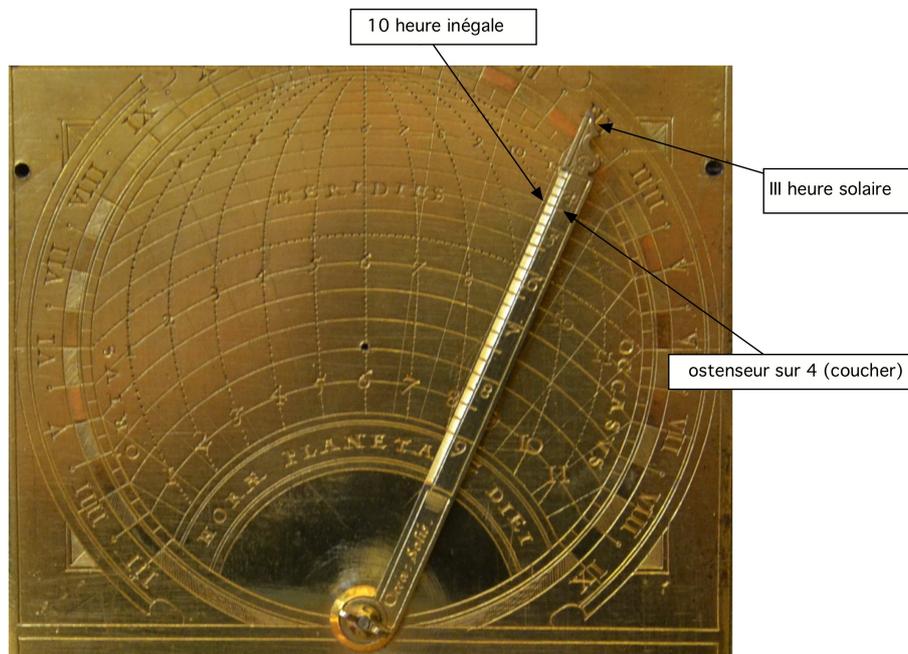


FIGURE 14 – Exemple d’utilisation de conversion d’heures.

Érasme Habermel a placé sous l’abaque des heures planétaires un tableau du régent des heures (*TABULA PLANETARUM DIEI*) qui indique la planète régnante en fonction du jour et de l’heure¹⁶. En haut du tableau (fig. 15), en abscisse, se trouvent les planètes avec leur symbole astrologique qui suivent la même séquence répétitive depuis le Soleil dans l’ordre des distances selon le point de vue géocentrique (en partant du Soleil) :

Soleil – Vénus – Mercure – Lune – Saturne – Jupiter – Mars.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Solis												
Luna												
Martis												
Mercurij												
Jovis												
Veneris												
Sabbati												

FIGURE 15 – Schéma de fonctionnement du tableau du régent des heures.

Habermel a tronqué son tableau à 12 alors qu’il se prolonge à 24 si l’on veut comprendre l’ordre qui aboutit au régent de la première heure.

En ordonnée se trouve la succession des astres errants qui résultent de l’attribution de la domination d’une planète à une heure, ce qui donne l’ordre des jours de la semaine (*Diei*) : *Solis* (Soleil = dimanche) – *Lunæ* (Lune = lundi) – *Martis* (Mars = mardi) – *Mercurij* (Mercure = mercredi) – *Jovis* (Jupiter = jeudi) – *Veneris* (Vénus = vendredi) – *Sabbati* (Saturne = samedi). Le tableau se lit de la façon suivante : connaissant l’heure égale à partir d’un cadran solaire ou d’une horloge, on calcule à l’aide de l’abaque l’heure planétaire correspondant et en fonction du jour, on regarde sur le tableau qu’elle est la planète dominante. En reprenant l’exemple précédent, s’il est 3 h solaire égale un jour donné où le Soleil se couche à 4 h 30 m (16 h 30 m) et qu’on est un mercredi, il est 10 h planétaire et donc la planète dominante est Saturne.

16. Cette table se retrouve dans d’autres instruments d’Habermel de façon identique. Sur l’attribution d’une planète à une heure, voir Dion Cassius, *Histoire romaine*, Livre 37, chap. 18-19.

5 Face supérieure

La face horizontale de l'instrument est munie au centre d'une boussole, élément essentiel pour utiliser le cadran solaire, autour de laquelle tourne un secteur gradué, muni de deux alidades avec pinnules rabattables (fig. 16). Deux autres alidades, rabattables également, sont solidaires de l'instrument du côté des faces occidentales et orientales. Chaque paire d'alidades est construite sur le principe suivant : une comporte une fente de visée taillée en biseau, tandis que l'opposée est munie d'un axe central qui permet l'alignement.



FIGURE 16 – Vue du dessus de l'instrument d'Habermel. La boussole centrale est entourée de quatre alidades (ici repliées) et d'un système de mesures de relevé d'angles.

Sur les bords de la face sont inscrits les directions *SEPTENTRION*, *ORIENS*, *MERIDIES*, *OCCIDENS*. L'instrument fait penser à un cercle entier mais on pourrait aussi le qualifier de théodolite¹⁷ ou de graphomètre ; son usage est de toute façon lié à la topographie puisque sa fonction est de mesurer des azimuts ou différences d'angles.

Sur le fond de la boussole se trouvent huit noms italiens qui forment une rose des vents : Sirocco, Ostro, Garbino, Ponente (Ouest), Maestro, Tramontana, Greco, Levante (Est). Une flèche déclinante indique la direction du Nord près de Tramontana¹⁸.

17. Un théodolite d'Érasme Habermel se trouve par exemple au musée Galilée de Florence sous le numéro d'inventaire 154.

18. Sur les noms des vents, voir J.-B. Riccioli, *Almagestum novum*, Bologne, 1651, t. 1, *liber secundus*, p. 78-79 notamment la table III qui donne l'équivalence des noms des vents dans différentes langues. Voir également Michel

6 Face inférieure

La face inférieure de l'instrument où sont situés les quatre pieds comporte un calendrier zodiacal : cinq couronnes se succèdent pour indiquer la longitude du Soleil en fonction du mois à l'aide d'une alidade (fig. 18). En partant du centre, on trouve une couronne à quatre secteurs indiquant les saisons. Une seconde couronne contigüe indique les douze signes du zodiaque ; ceux-ci sont divisés en secteurs de 30° de longitude avec une graduation tous les 1°. Contre cette graduation se trouve celle correspondant au jour du mois de l'année.



FIGURE 18 – Calendrier zodiacal situé sous l'assise de l'instrument.

On voit ainsi que le début du Bélier (longitude zéro) correspond au 20-21 mars ; que le début du Cancer (longitude 90°) correspond au 21-22 juin, etc. Il s'agit donc de dates de début de saisons dans le calendrier grégorien. L'usage de ce calendrier zodiacal est très simple : on amène l'alidade sur un jour donné et on lit la longitude du Soleil et le signe zodiacal correspondant, ainsi que le signe opposé puisque l'ostenseur couvre le diamètre entier du calendrier.

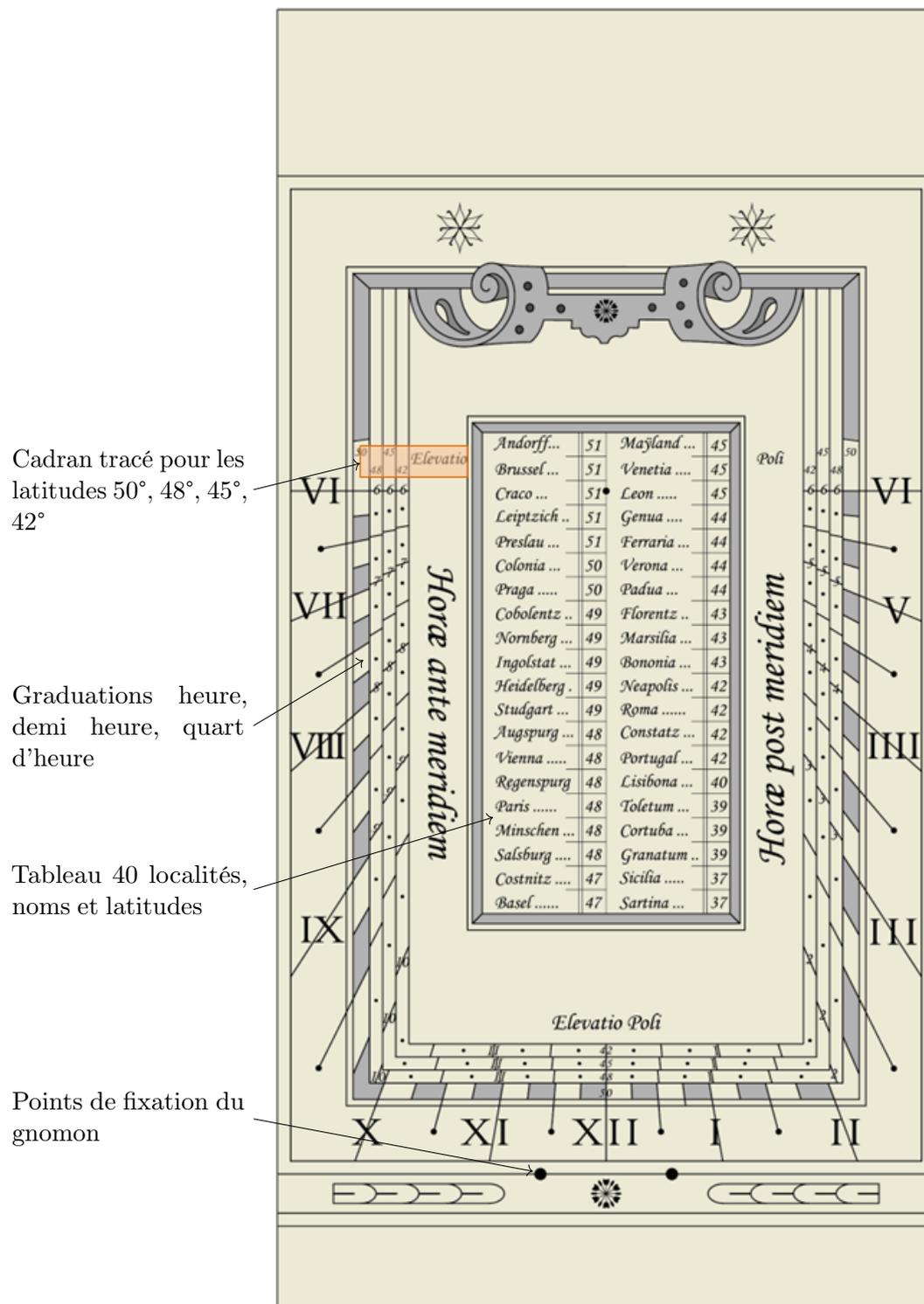
Cet instrument exceptionnel d'Érasme Habermel, par la finesse de sa gravure et l'originalité de ses indications, était clairement destiné à une personnalité de très haut rang capable d'en apprécier toutes ses subtilités. Même s'il est parfaitement opérationnel, son rôle est davantage lié au prestige et à l'ingéniosité plutôt qu'à un véritable usage.

Je remercie Anna Nouet, chargée des collections patrimoniales à la bibliothèque l'Observatoire de Paris, pour son aide dans l'étude de cet instrument. Toutes les photos sont de l'Observatoire de Paris. Et je remercie avec un grand plaisir Brigitte Alix qui a pris le temps d'expérimenter toutes les formules de construction de cet article et qui a réalisé avec talent des tracés modernes.

7 Illustrations

Les tracés et animations suivants sont de Brigitte Alix d'après l'étude précédente.

7.1 Face méridionale — Cadran solaire vertical

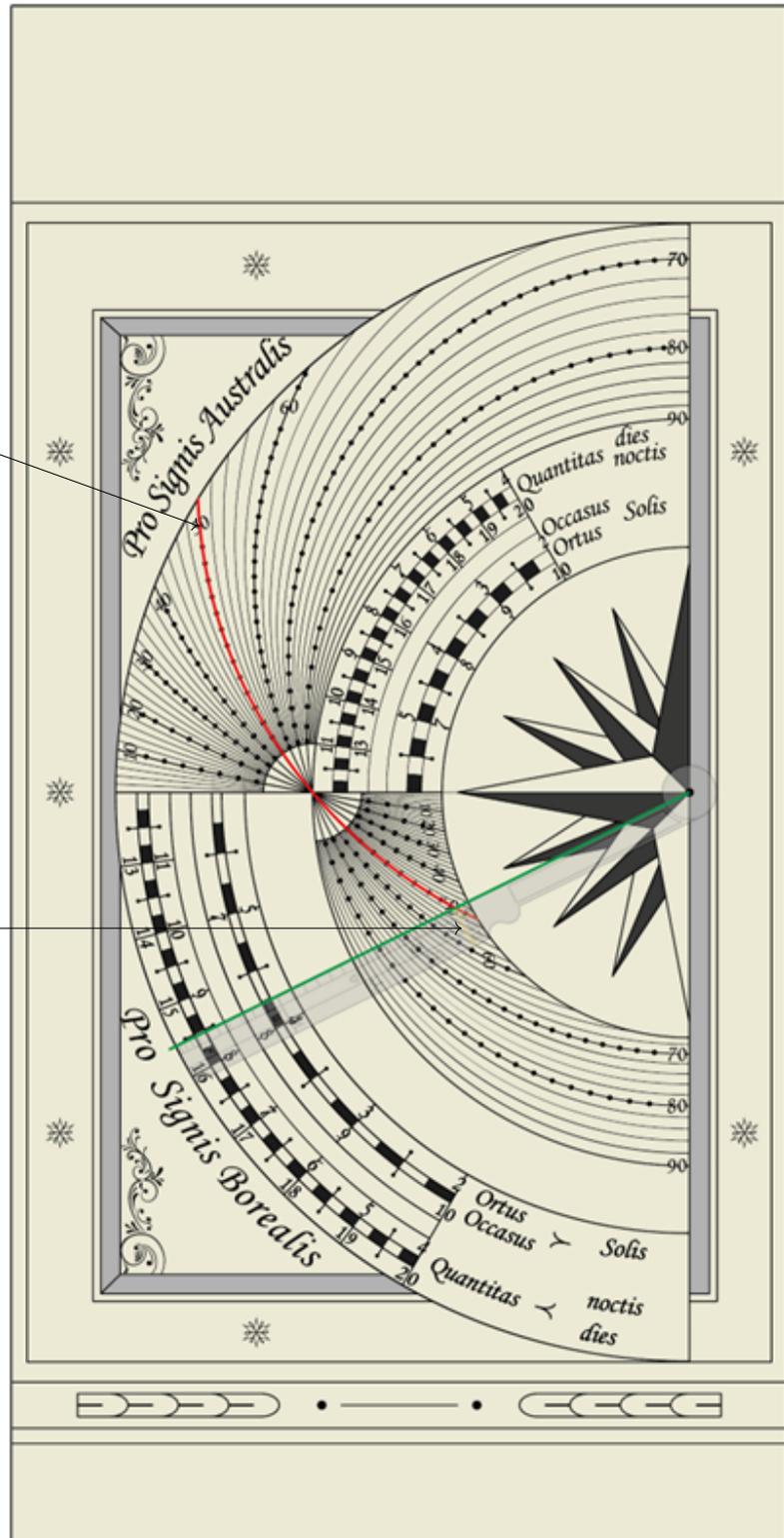


7.2 Face occidentale — Heures de lever et coucher du Soleil, durée jour/nuit

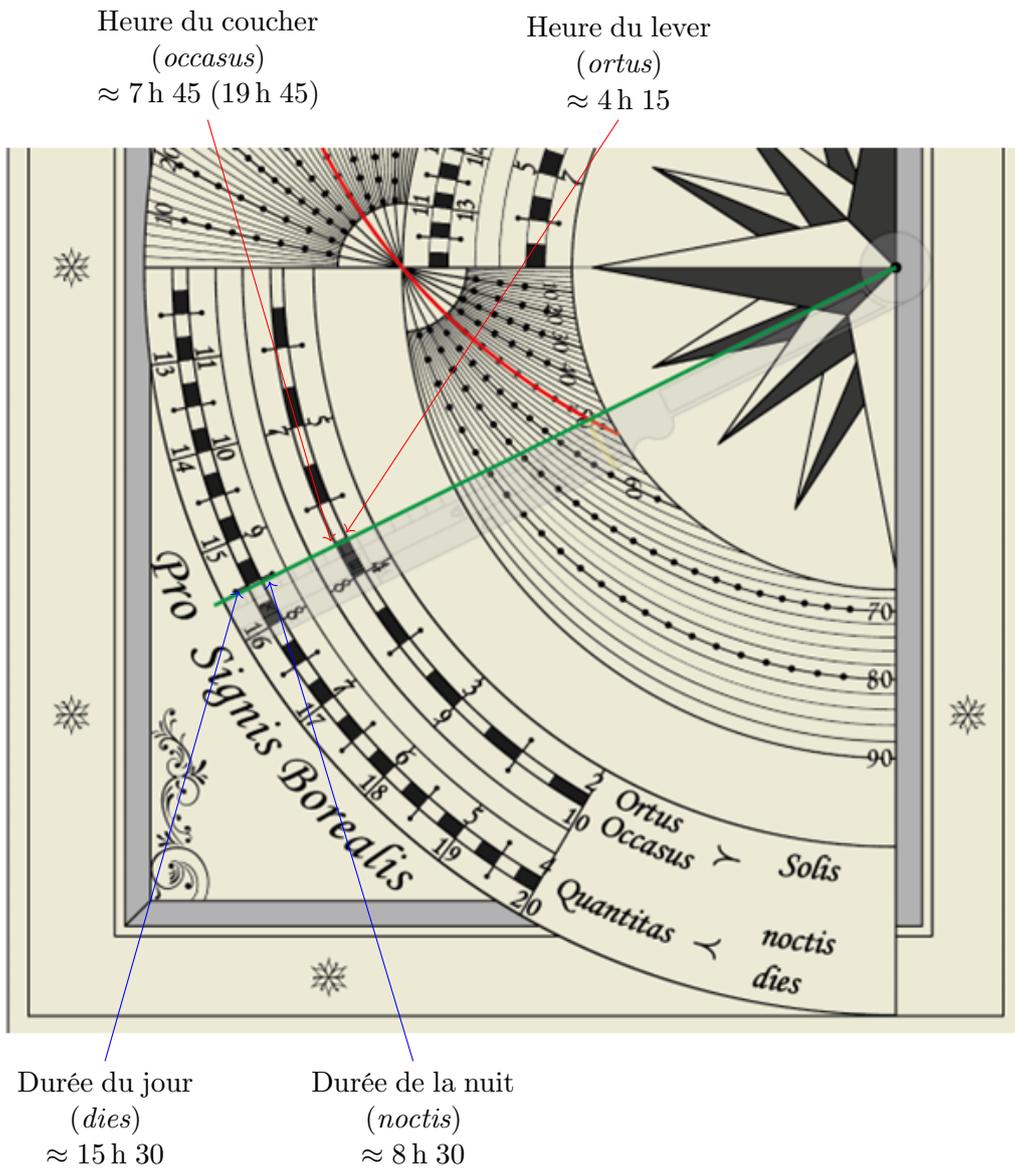
Latitude : 50° N.
Date : 21 mai.
Position du soleil dans le zodiaque : début des Gémeaux ♊

1) Repérer la ligne d'horizon pour la latitude 50° N

2) Amener la graduation (jaune) de l'ostenseur correspondant au début du signe des Gémeaux ♊ sur la ligne d'horizon



3) Lectures des informations en utilisant le bord supérieur de l'ostenseur :



7.3 Face orientale — Heures italiques et babyloniennes

Lecture des heures italiques et babyloniennes à 13 h solaire connaissant l'heure de coucher du soleil, 7 h (19 h)

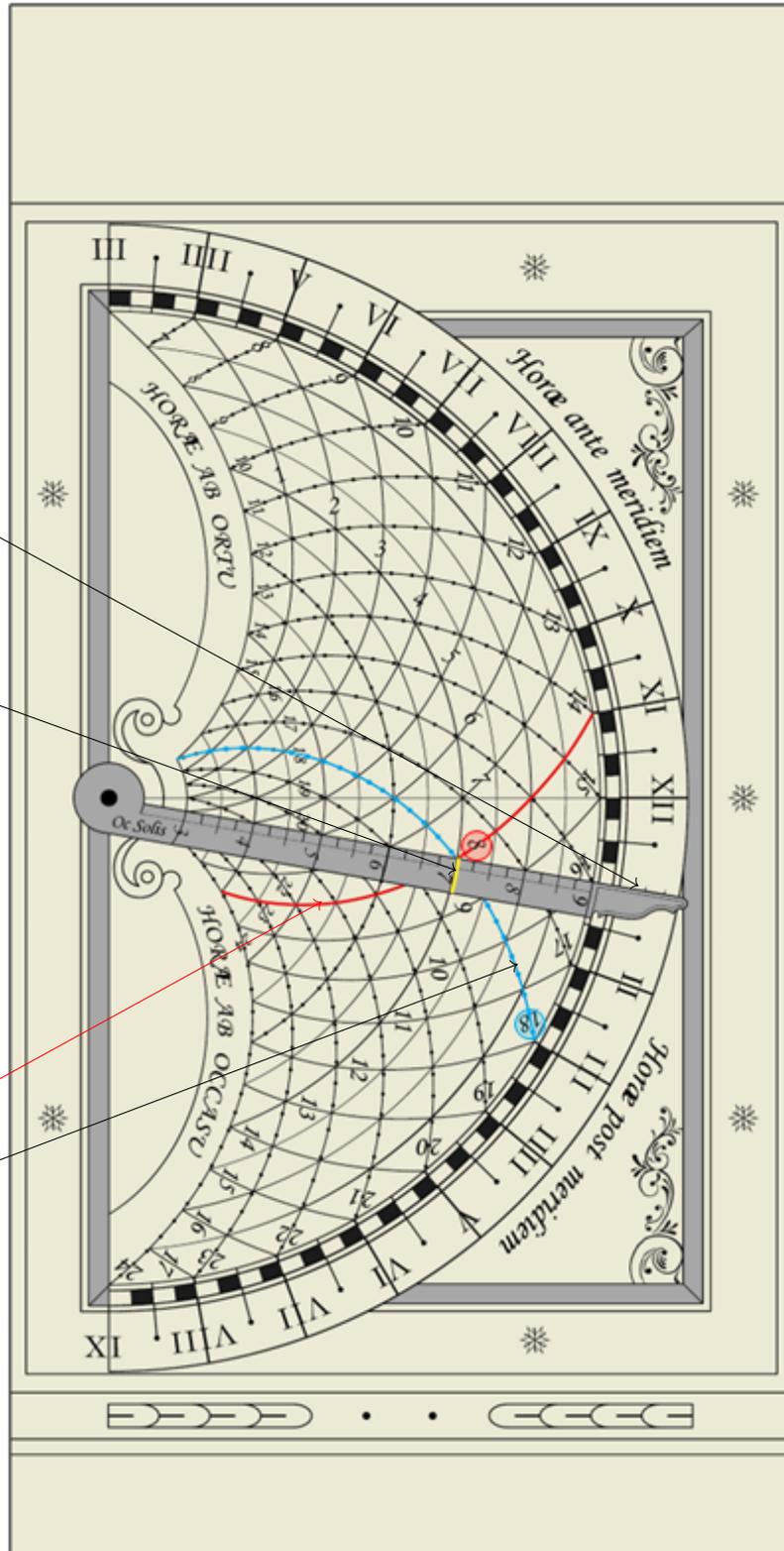
Amener l'ostenseur sur le chiffre romain I (*horae post meridiem*)

Heure de coucher du soleil : 7 h (19 h)

À l'intersection de la graduation 7 de l'ostenseur on lit :

8 h babylonique

18 h italique

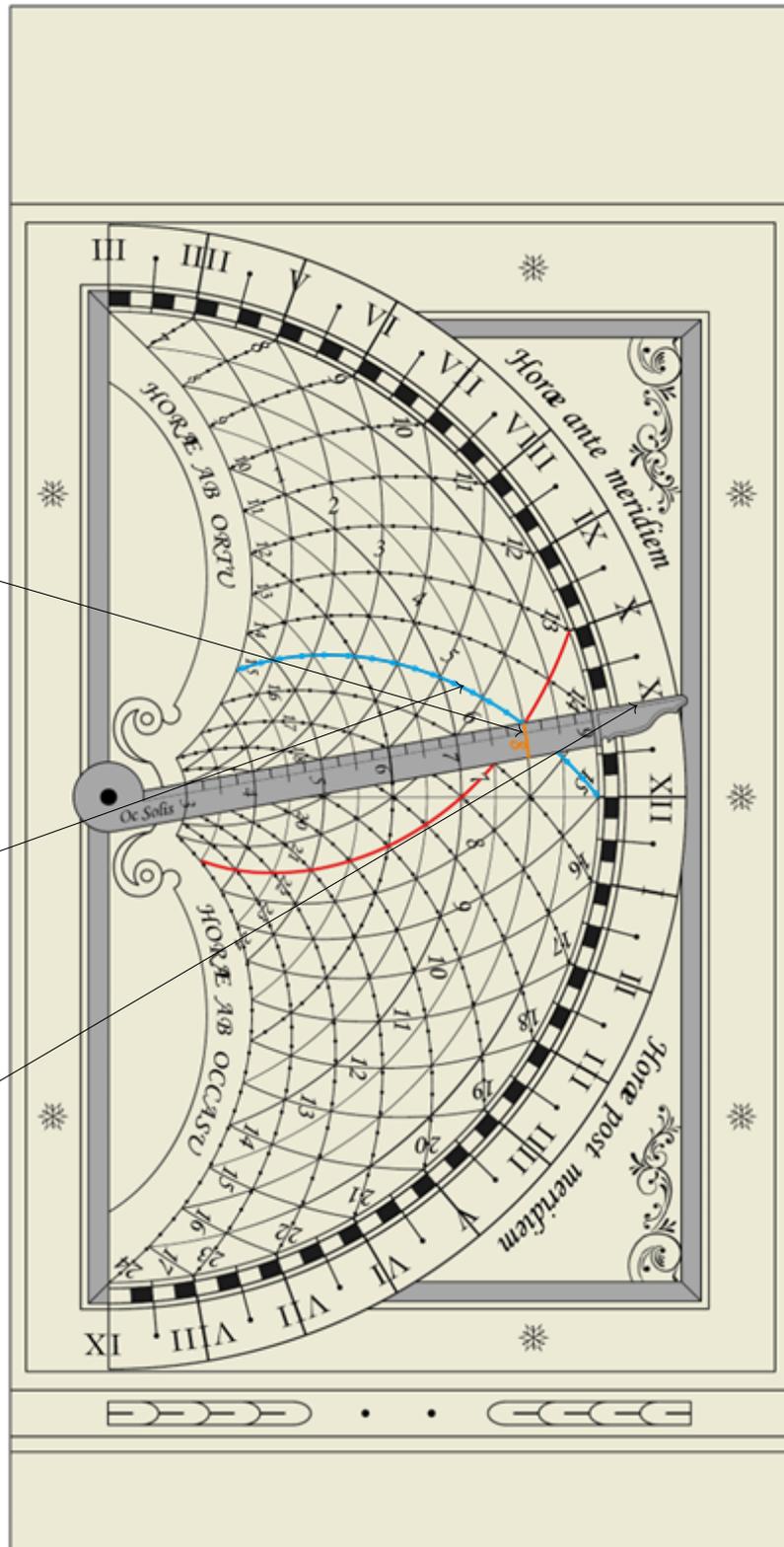


Lecture de l'heure solaire et de l'heure italique quand il est 7 h babylonique avec coucher du soleil à 8 h (20 h)

Amener la graduation 8 h de l'ostenseur à l'intersection de la courbe de l'heure babylonique 7 h

L'ostenseur indique :
15 h italique

et 11 h (XI) heure solaire

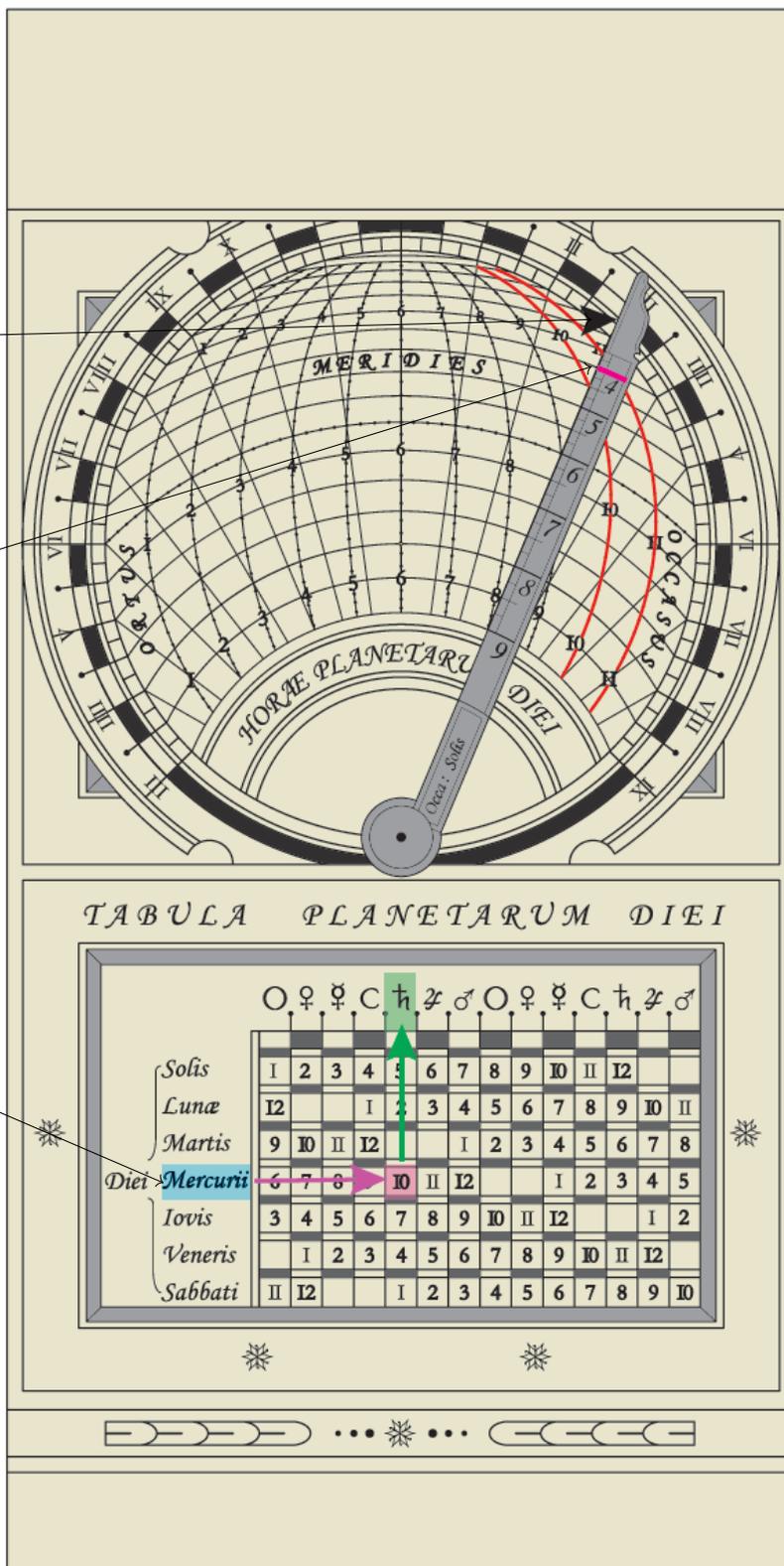


7.4 Face septentrionale — Heures inégales (planétaires)

À 3 h solaire (III) lecture de l'heure inégale pour un coucher de soleil à 16 h (graduation 4 de l'ostenseur)

Amener l'ostenseur sur l'heure solaire III

La graduation 4 de l'ostenseur indique que III h solaire correspond la 10^e heure inégale (planétaire)



Lecture de la planète dominante :

- jour de la semaine (ex. mercredi)
- heure inégale (10^e)
- lecture de la planète dominante : Saturne ♄