

# *Considérations sur le tracé et la lecture d'un cadran solaire à heures sidérales*

## *suivies de l'étude du déplacement du **nonagésime** sur le cadran solaire*

par  
**Jean Pakhomoff**

### 1- Tracé du cadran

On se servira pour cela de points communs et de points remarquables.

a) tracé par les points communs.

Prenons le cas de la figure 1 qui représente la sphère céleste de pôle P à 18 heure sidérale. L'écliptique est en rouge et l'équateur céleste en vert.

L'horizon NS en noir.  $\gamma$  se lève à l'horizon Est,  $\gamma'$  se couche à l'Ouest, le début du Capricorne passe en C au méridien et le début du Cancer passe en K à l'anté-méridien.

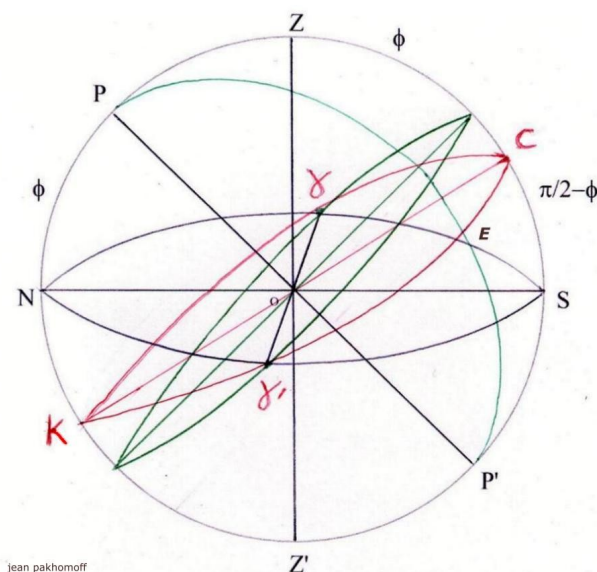


fig 1

A 18 heure sidérale l'angle horaire de  $\gamma$  sur l'équateur est de  $270^\circ$  et celui du

début du Capricorne  $0^\circ$ . Il nous faudra rechercher l'angle horaire de chaque point de début de signe zodiacal pour l'heure sidérale envisagée. On se servira pour cela de la formule classique  $\sin d = \sin e \sin l$  <sup>(1)</sup> où  $d$  est la déclinaison,  $e$  la valeur d'epsilon et  $l$  la longitude écliptique du point envisagé. Connaissant  $d$  on tire l'ascension droite  $a$  en se servant de la relation  $\cos a = \cos l / \cos d$  <sup>(2)</sup>. On affine le résultat en donnant à epsilon une valeur approchée de la réalité en considérant sa variation perpétuelle, bien que faible, dûe à différents mouvements de la planète. On se sert de la relation  $e = e_p - k$  où  $e_p$  <sup>(3)</sup> est la valeur d'epsilon au 1/1/1900 ( $23^\circ 27' 8.26''$ ) et  $k = 0.46845'' t$  ( $t$  étant le nombre d'années écoulées depuis le 1/1/1900).

Une fois  $a$  connu on tire l'angle horaire  $h$  par soustraction de  $a$  au temps sidéral envisagé. La connaissance de cet angle horaire et de la déclinaison nous permet alors de calculer les coordonnées  $x$  et  $y$  de l'intersection du rayon provenant de ce point de l'écliptique et passant par un point de notre style avec le plan du cadran.

2 points quelconques de l'écliptique fixé à une heure sidérale déterminée permettront alors en joignant leur image sur le cadran de donner la ligne de coupe du plan de l'écliptique avec le plan du cadran. Cette ligne sera l'image de notre heure sidérale.

Ainsi, en appliquant (3) au mois de Janvier 2004 on trouve  $e = 23.43876^\circ$  ( $23^\circ 26' 19''$ ).

On commence par le calcul de l'angle horaire de chaque début de signe zodiacal à 18 h sidérale. Il ne nous reste plus qu'à ajouter  $15^\circ$  à chacun de ces résultats quand on passe à l'heure sidérale suivante.

Ainsi pour le Capricorne à 18 h sidérale on a vu que  $h = 0^\circ$ . A 19 h sidérale  $h = 15^\circ$ , à 20 h sidérale  $h = 30^\circ$  etc...

Pour  $e = 23.43876$  (janvier 2004) on trouve pour le Verseau ( $l = 300^\circ$ ) à 18 h sidérale  $a = 302.18115^\circ$  et  $h = 327.8188^\circ$  ( $32.1812^\circ$  anté-méridien).

lorsque  $h > 180^\circ$  je me sers de  $h$  (anté-méridien) =  $2\pi - h$  pour le calcul des coordonnées  $x$  et  $y$  précédemment évoquées. Mais on peut utiliser d'autres façons de faire.

à 19 h sidérale  $h$  sera égal à  $327.8188^\circ + 15^\circ = 342.8188^\circ$  ou  $17.1812^\circ$  anté-méridien .A 20 h sidérale  $h$  sera égal à  $357.8188^\circ$  ou  $2.1812^\circ$  a-m.

A 21 h sidérale  $h$  sera égal à  $357.8188^\circ + 15^\circ = 372.8188^\circ \Leftrightarrow 12.8188^\circ$  post-méridien.

Et ainsi de suite...

On peut donc dresser un tableau de toutes les valeurs de ces angles horaires de début de signes zodiacaux pour chaque heure sidérale. Puis ne retenir que les valeurs compatibles avec les heures d'ensoleillement du cadran (et sa taille).

Un [programme gw basic](#) permet de trouver ces angles horaires.

Remarque: si un angle horaire donne des  $x, y$  hors du cadran on peut faire varier la longitude écliptique en plus ou en moins pour essayer de trouver un point plus favorable au tracé de la même heure sidérale.

b) tracé par les points remarquables.

b1- Points sur la méridienne.

Sur la figure 1' est représentée la 18<sup>è</sup> heure sidérale avec  $\gamma$  se levant sur le point cardinal Est et  $\gamma'$  se couchant sur le cardinal Ouest (w). 6 heures après nous nous trouvons dans le cas de la 24<sup>è</sup> heure sidérale ou 0 heure sidérale.  $\gamma$  passe au méridien et  $\gamma'$  à l'anti-méridien.

$\gamma$  parcourt ensuite l'équateur céleste et nous prenons le cas de la 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>è</sup> ou 3<sup>è</sup> heure sidérale... Pour la 1<sup>ère</sup> heure nous aurons l'arc  $\gamma Eq$  égal à  $15^\circ$ . Pour la 2<sup>è</sup> heure  $\gamma Eq = 30^\circ$  etc... On sait que dans un triangle sphérique rectangle le rapport de la tangente d'un côté de l'angle droit à la tangente de l'angle opposé est égal au sinus de l'autre côté de l'angle droit. Le triangle  $EcEq\gamma$  rectangle en  $Eq$  permet alors d'écrire:

$$\mathbf{tg\ EcEq\ /\ tg\ Ec\gamma Eq = \sin\ Eq\ \gamma}$$

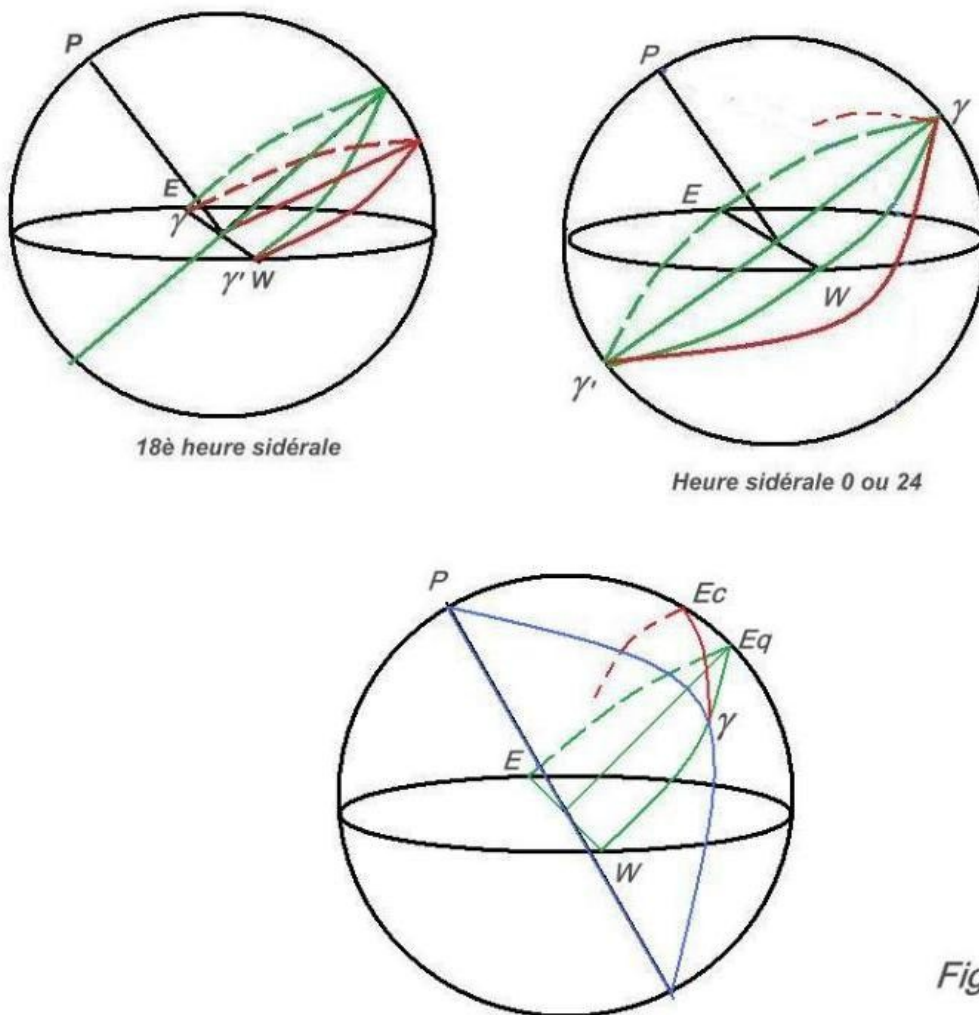


Fig 1'

Fig 1'

EcEq étant la déclinaison  $\delta$  du point de l'écliptique passant au méridien à l'heure sidérale considérée,  $\gamma_{Eq}$  étant l'ascension droite  $\alpha$  de gamma c'est-à-dire son angle horaire et l'angle Ec $\gamma_{Eq}$  étant l'angle epsilon entre l'équateur et l'écliptique.

On a donc  $\text{tg } \delta = \text{tg } \epsilon \sin \alpha$

En septembre 2010  $\epsilon$  est proche de  $23.4378^\circ$ . En faisant varier  $\alpha$  de 0 à  $345^\circ$  on trouve les valeurs suivantes pour  $\delta$ :

Heure sidérale _____	angle horaire de $\gamma$ en $^\circ$ _____	$\delta$ en $^\circ$
0 (24)	0	0
1	15	6,402
2	30	12,230
3	45	17,042
4	60	20,578
5	75	22,721
6	90	23,4378
7	105	22,721
8	120	20,578
9	135	17,042
10	150	12,230
11	165	6,40
12	180	0
13	195	-6,4
14	210	-12,230
15	225	-17,042
16	240	-20,578
17	255	-22,721
18	270	-23,4378
19	285	-22,721
20	300	-20,578
21	315	-17,042
22	330	-12,230
23	345	-6,402

Ce tableau montre que les heures de rang symétrique par rapport à la 6<sup>è</sup> ou à la 18<sup>è</sup> lors de leur passage au méridien correspondent à des points d'écliptique ayant même déclinaison. Par exemple la 5<sup>è</sup> et 7<sup>è</sup>, la 4<sup>è</sup> et la 8<sup>è</sup>, la 17<sup>è</sup> et la 19<sup>è</sup>, la 16<sup>è</sup> et la 20<sup>è</sup> etc...

Au méridien la hauteur de ces points est égale à  $\pi/2 - f + d$  où  $f$  est la latitude du lieu. Donc les heures symétriques par rapport à 18 h sidérale ou 6h sidérale s'entrecroisent sur la méridienne à cette même hauteur. La connaissance de cette propriété est un bon moyen pour augmenter la précision de leur tracé.

La 6<sup>è</sup> tangente l'arc diurne du tropique du Cancer sur la méridienne alors que la 18<sup>è</sup> y tangente l'arc du tropique du Capricorne.

### b2- Points sur les solstices.

1heure après être passé au méridien le point C de début du capricorne se trouve sur l'heure sidérale suivante c'est-à-dire à 19 h sidérale (fig 2).

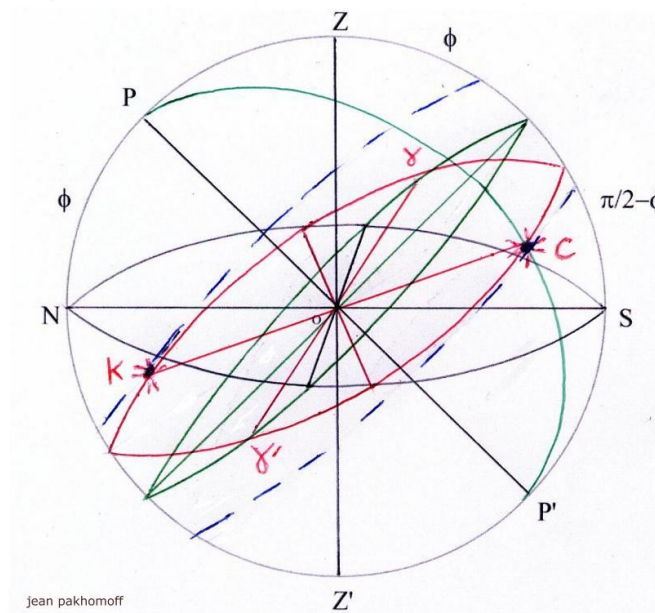


fig 2

Ce point est alors sur le cercle horaire correspondant à la 13<sup>è</sup> heure solaire (1<sup>ère</sup> heure après le passage au méridien). 1 heure encore après, à la 20<sup>è</sup> heure sidérale ce point sera sur le cercle horaire de la 14<sup>è</sup> heure solaire. De même 1 heure avant 18 heure sidérale, à 17 heure sidérale, on trouve ce point sur la 11<sup>è</sup> heure solaire (1 heure avant le passage au méridien).

Il y a donc passage de la 19<sup>è</sup> heure sidérale par le point commun au solstice d'hiver (arc diurne du Capricorne) et au cercle horaire de la 13<sup>è</sup> heure solaire. De même passage de la 20<sup>è</sup> par le point commun à ce même solstice et au cercle horaire de la 14<sup>è</sup> heure solaire. Etc...

A 6 heure sidérale le début du Cancer passe au méridien. c'est le coucher de  $\gamma$  et le lever de  $\gamma'$  au point Est. Par le même raisonnement que ci-dessus on pourra dire que la 7<sup>è</sup> heure sidérale passe par le point commun au solstice d'été (arc diurne du tropique du cancer) et à la 13<sup>è</sup> heure solaire; que la 8<sup>è</sup>

heure sidérale passe par le point commun de ce solstice avec le cercle horaire de la 14 è heure solaire; que la 5 è heure sidérale passe par le point commun de ce solstice avec le cercle horaire de la 11 è heure solaire etc...etc...

### b3- Points sur l'équinoxiale.

Regardons la figure 3 où est représentée une sphère céleste à 18 heure et 6 heure sidérale. Dans ces 2 cas l'écliptique et l'équateur céleste ont leur intersection sur le grand cercle de l'horizon.

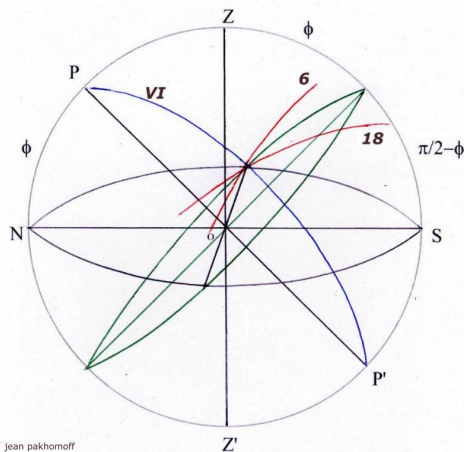


Fig 3

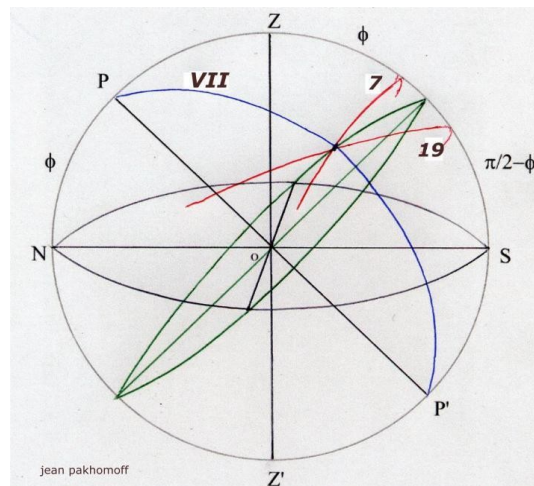


Fig 4

Ici le point Est des levers est seul représenté mais il en va de même pour le point Ouest. Cette intersection commune se fait pour les levers sur le cercle horaire correspondant à la VI è heure solaire (du matin correspondant à l'angle horaire  $270^\circ$ ). 1 heure plus tard cette intersection va se faire sur le cercle horaire suivant correspondant à la VIIè heure solaire et on sera alors dans la configuration des heures sidérales suivantes c'est-à-dire 7 ou 19. Donc tout au long de l'équateur céleste et sur le cadran son image gnomonique, c'est-à-dire l'équinoxiale, les heures sidérales s'entrecroisent avec leurs opposées.

Le point commun à la 6è et 18è coupant l'horizon Est sur VI heure solaire du matin et l'horizon Ouest sur VI heure solaire du soir. On voit très bien cela sur le cadran à queue de chat sur le site exposé.

Ensuite les 7è et 19è se couperont sur l'équinoxiale à sa rencontre avec la VIIè heure solaire du matin, puis 8è et 20è avec la VIIIè, 9è et 21è avec la IXè, 10è et 22è avec la Xè,.....,les 12è et 24è (0) se coupant au croisement de la méridienne avec l'équinoxiale.....etc....

Ainsi, à partir de quelques points communs et remarquables il nous sera possible de tracer assez facilement un cadran solaire à heures sidérales.

## 2- Lecture du cadran

La lecture de l'heure sidérale, une fois ces heures tracées sur le cadran, peut sembler quelque peu difficile. En effet, comme il en est pour les arcs diurnes zodiacaux avec les dates, chaque point du cadran peut correspondre à deux heures différentes. Ainsi la photo ci-dessus montre le bout du style près de 3 heures ou de 7 heures.

Il nous faudra donc savoir comment retenir la bonne heure. Pour cela nous calculerons pour une latitude correspondante à celle de l'implantation du cadran et pour un temps sidéral donné (que nous ferons varier de 0 à 23 heures) l'ascendant, le nonagésime et le descendant sur l'horizon du cadran. Nous nous aidons pour cela du programme NONASAL2 donné en annexe, écrit en gw basic, version simplifiée du programme NONAS employé dans la domification de Régiomontanus.

Pour un horizon de latitude nord 46°, correspondant à la latitude moyenne de la France, avec epsilon égal ce 11 septembre 2010 à 23.4379° nous obtenons les nonagésimes suivants :

0h sidérale _____	Nonagésime = 22,38°	Bélier
1h sidérale _____	Nonagésime 33.91°	Taureau
2h sidérale _____	Nonagésime 45.15°	Taureau
3h _____	Nonagésime 56.3°	Taureau
4h _____	67.48°	Gémeaux
5h _____	78.72°	Gémeaux
6h _____	90°	Cancer
7h _____	101.27 °	Cancer
8h _____	112.51 °	Cancer
9h _____	123.69°	Lion
10h _____	134.84°	Lion
11h _____	146.08°	Lion
12h _____	157.61°	Vierge
13h _____	169.76°	Vierge
14h _____	183.09°	Balance
15h _____	198.52°	Balance
16h _____	217.42°	Scorpion
17h _____	241.38°	Sagittaire
18h _____	270°	Capricorne
19h _____	298.61°	Capricorne
20h _____	322.57°	Verseau
21h _____	341.47°	Poissons
22h _____	356.9°	Poissons
23h _____	10.23°	Bélier

On voit que les heures sidérales de la 12<sup>e</sup> à la 24<sup>e</sup> correspondent aux signes zodiacaux de l'automne et de l'hiver passant vers la mi-journée dans les zones hautes du ciel diurne.

De même les heures sidérales de la 0 à la 11<sup>e</sup> correspondent aux signes

zodiacaux du printemps et de l'été passant vers la mi-journée dans les zones méridiennes (hautes du ciel diurne).

On pourra en conclure que sur le cadran les heures 0 à 11 correspondront aux déclinaisons positives du printemps et de l'été et que les heures 12 à 24 correspondront aux déclinaisons négatives de l'automne et de l'hiver.

En hiver c'est l'heure 18 qui fera référence car nonagésime et milieu du ciel s'intercepteront sur la méridienne: les heures lues seront proches et de part et d'autre de 18.

En été c'est la 6<sup>è</sup> heure qui fera référence car nonagésime et milieu du ciel s'intercepteront également sur la méridienne: les heures lues seront proches et de part et d'autre de 6.

Au printemps  $\gamma$  sur l'équateur sera au méridien à 0 heure sidérale. C'est donc cette heure 0 qui fera référence au printemps: les heures lues seront proches et de part et d'autre de 0.

A l'automne  $\gamma'$  sur l'équateur se trouvera au méridien à 12 heure sidérale. C'est donc cette heure 12 qui fera référence à l'automne: les heures lues seront proches et de part et d'autre de 12.

## **Lieu géométrique décrit sur le cadran solaire par le déplacement du nonagésime à chaque heure sidérale.**

Rappelons la définition que l'on trouve dans le dictionnaire de Français Littré:

- Terme d'astronomie. Le nonagésime degré, ou, simplement, le nonagésime, le plus haut point de l'écliptique, le point qui est éloigné de quatre-vingt-dix degrés des points où l'écliptique coupe l'horizon.

<http://littre.reverso.net/dictionnaire-francais/definition/nonag%C3%A9sime/50979>

Lors de la 18<sup>è</sup> heure sidérale et de la 6<sup>è</sup> les grands cercles de l'écliptique et de l'équateur céleste ont leurs intersections sur le grand cercle de l'horizon aux points Est et Ouest. Seulement dans ces deux cas le nonagésime c'est-à-dire la moitié du zodiaque au-dessus de l'horizon se situe dans le plan méridien.

A la 18<sup>è</sup> heure l'entrée du Capricorne est au Milieu du Ciel et à la 6<sup>è</sup> heure c'est l'entrée en Cancer qui s'y trouve. (le Milieu du Ciel correspond au point d'intersection de l'écliptique avec le plan méridien).

Pour toutes les autres heures sidérales le nonagésime n'est pas sur le méridien. Pour certaines heures il se situe avant le passage au méridien et pour d'autres il se situe après.

Il peut être intéressant de situer ces différentes positions du nonagésime et d'en tracer une courbe sur le cadran solaire.

Pour cela il nous faut connaître la longitude écliptique du nonagésime pour chaque heure sidérale. Nous avons montré dans notre travail

( <http://www.pakhomoff.net/domifica1.html> )

sur la domification de Régiomontanus comment y parvenir .

Le programme en découlant étant ici:

<http://www.pakhomoff.net/nonagbaspdf.pdf>

Ce programme nous permet de tracer le tableau suivant:

HS=heure sidérale; ASC=ascendant; NONA=nonagésime; DESC=descendant; AZ ASC=azimut de l'ascendant...;  
Ht MC=hauteur du Milieu du Ciel; Ht NONA=hauteur du Nonagésime.

HS	ASC	NONA	DESC	AZ ASC	AZ DESC	AZ NONA	Ht MC	Ht NONA
0	110.53 CAN	20.53 BEL	290.53 CAP	239.22	59.22	329.22 (est)	46.72	51.02
1	122.35 LIO	32.35 TAU	302.35 VER	242.51	62.51	332.51 (est)	53.12	56.35
2	133.89 LIO	43.89 TAU	313.89 VER	246.81	66.81	336.81 (est)	58.95	61.04
3	145.35 LIO	55.35 TAU	325.35 VER	251.9	71.9	341.9 (est)	63.76	64.9
4	156.84 VIER	66.84 GEM	336.84 POIS	257.59	77.59	347.59 (est)	67.3	67.78
5	168.39 VIER	78.39 GEM	348.39 POIS	263.69	83.69	353.69 (est)	69.44	69.56
6	180 BAL	90 CAN	0 BEL	270	90	0	70.16	70.16
7	191.6 BAL	101.6 CAN	11.6 BEL	276.3	96.3	6.3 (ouest)	69.44	69.56
8	203.15 BAL	113.15 CAN	23.15 BEL	282.4	102.4	12.4 (ouest)	67.3	67.78
9	214.64 SCO	124.64 LIO	34.64 TAU	288.09	108.09	18.09 (ouest)	63.76	64.9
10	226.1 SCO	136.1 LIO	46.1 TAU	293.18	113.18	23.18 (ouest)	58.95	61.04
11	237.64 SCO	147.64 LIO	57.64 TAU	297.48	117.48	27.48 (ouest)	53.12	56.35
12	249.46 SAG	159.46 VIE	69.46 GEM	300.77	120.77	30.77 (ouest)	46.72	51.02
HS	ASC	NONA	DESC	AZ ASC	AZ DESC	AZ NONA	Ht MC	Ht NONA
13	261.92 SAG	171.92 VIE	81.92 GEM	302.74	122.74	32.74 (ouest)	40.32	45.25
14	275.55 CAP	185.55 BAL	95.55 CAN	302.93	122.93	32.93 (ouest)	34.49	39.3
15	291.19 CAP	201.19 BAL	111.19 CAN	300.62	120.62	30.62 (ouest)	29.68	33.51
16	310.03 VER	220.03 SCO	130.03 LIO	294.72	114.72	24.72 (ouest)	26.14	28.38
17	333.17 POI	243.17 SAG	153.17 VIE	284.27	104.27	14.27 (ouest)	24	24.67
18	0 BEL	270 CAP	180 BAL	270	90	0	23.28	23.28
19	26.82 BEL	296.82 CAP	206.82 BAL	255.72	75.72	345.72 (est)	24	24.67

20	49.96	319.96	229.96	245.27	65.27	335.27	26.14	28.38
	TAU	VER	SCO			(est)		
21	68.8	338.8	248.8	239.37	59.37	329.37	29.68	33.51
	GEM	POI	SAG			(est)		
22	84.44	354.44	264.44	237.06	57.06	327.06	34.49	39.3
	GEM	POI	SAG			(est)		
23	98.07	8.07	278.07	237.25	57.25	327.25	40.32	45.25
	CAN	BEL	CAP			(est)		

Une fois connue la longitude éclipstique du nonagésime nous employons alors notre programme cadsid visible ici:

<http://www.pakhomoff.net/CADSID5pdf.pdf>

pour calculer la déclinaison et l'angle horaire du nonagésime.

Ce programme découle de l'application des formules classiques

$$\text{SIN (D)} = \text{SIN (E)} * \text{SIN (L)}$$

$$\text{COS (A)} = \text{COS (L)} / \text{COS (D)}$$

où D représente la déclinaison d'un point de l'écliptique, E la valeur d'épsilon et L la longitude éclipstique considérée. A étant l'ascension droite de ce point.

Nous obtenons alors les résultats suivants:

$$\text{epsilon} = 23.4379167025^\circ \quad F = 43.2754^\circ \quad \text{DATE} = 1 \text{ } 11 \text{ } 2010$$

$$\text{Longit écl} = 20.53^\circ \quad \text{TSid} = 0 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 8.0184^\circ \quad \text{Alpha} = 18.9618^\circ \quad \text{AnglHor} = 18.9618^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 32.35^\circ \quad \text{TSid} = 1 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 12.2885^\circ \quad \text{Alpha} = 30.1623^\circ \quad \text{AnglHor} = 15.1623^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 43.89^\circ \quad \text{TSid} = 2 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 16.0069^\circ \quad \text{Alpha} = 41.432^\circ \quad \text{AnglHor} = 11.432^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 55.35^\circ \quad \text{TSid} = 3 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 19.0994^\circ \quad \text{Alpha} = 53.0094^\circ \quad \text{AnglHor} = 8.0094^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 66.84^\circ \quad \text{TSid} = 4 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 21.4506^\circ \quad \text{Alpha} = 65.003^\circ \quad \text{AnglHor} = 5.003^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 78.39^\circ \quad \text{TSid} = 5 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 22.9306^\circ \quad \text{Alpha} = 77.378^\circ \quad \text{AnglHor} = 2.378^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 90^\circ \quad \text{TSid} = 6 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 23.4379^\circ \quad \text{Alpha} = 90^\circ \quad \text{AnglHor} = 0^\circ \quad \text{Anté-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 101.6^\circ \quad \text{TSid} = 7 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 22.9315^\circ \quad \text{Alpha} = 102.6111^\circ \quad \text{AnglHor} = 2.3888^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 113.15^\circ \quad \text{TSid} = 8 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 21.4523^\circ \quad \text{Alpha} = 114.9864^\circ \quad \text{AnglHor} = 5.0135^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 124.64^\circ \quad \text{TSid} = 9 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 19.1018^\circ \quad \text{Alpha} = 126.9802^\circ \quad \text{AnglHor} = 8.0197^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 136.1^\circ \quad \text{TSid} = 10 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 16.0099^\circ \quad \text{Alpha} = 138.558^\circ \quad \text{AnglHor} = 11.4419^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 147.64^\circ \quad \text{TSid} = 11 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 12.2919^\circ \quad \text{Alpha} = 149.828^\circ \quad \text{AnglHor} = 15.1719^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 159.46^\circ \quad \text{TSid} = 12 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 8.0221^\circ \quad \text{Alpha} = 161.0287^\circ \quad \text{AnglHor} = 18.9712^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 171.92^\circ \quad \text{TSid} = 13 \text{ h} \quad \text{Déclin} = 3.2048^\circ \quad \text{Alpha} = 172.5789^\circ \quad \text{AnglHor} = 22.421^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 185.55^\circ \quad \text{TSid} = 14 \text{ h} \quad \text{Déclin} = -2.2046^\circ \quad \text{Alpha} = 185.0946^\circ \quad \text{AnglHor} = 24.9053^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 201.19^\circ \quad \text{TSid} = 15 \text{ h} \quad \text{Déclin} = -8.2662^\circ \quad \text{Alpha} = 199.5798^\circ \quad \text{AnglHor} = 25.4201^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$

$$\text{Longit écl} = 220.03^\circ \quad \text{TSid} = 16 \text{ h} \quad \text{Déclin} = -14.8228^\circ \quad \text{Alpha} = 217.6209^\circ \quad \text{AnglHor} = 22.379^\circ \quad \text{Post-Méridien}$$





DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-20.7895 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
13.867	14.275	24.678	1.919	2.930	11.099	HS 17

DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-23.4379 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
0.000	0.000	23.287	0.000	3.134	0.000	HS 18

DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-20.7914 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
13.857	14.265	24.678	2.749	4.199	13.965	HS 19

DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-14.826 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
22.369	24.721	28.389	6.039	6.393	24.505	HS 20

DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-8.2699 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
25.411	30.620	33.517	8.984	9.569	28.677	HS 21

DELE , DWLW

DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime =-2.2085 °

A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
24.896	32.934	39.309	10.537	12.998	27.956	HS 22

DELE , DWLW

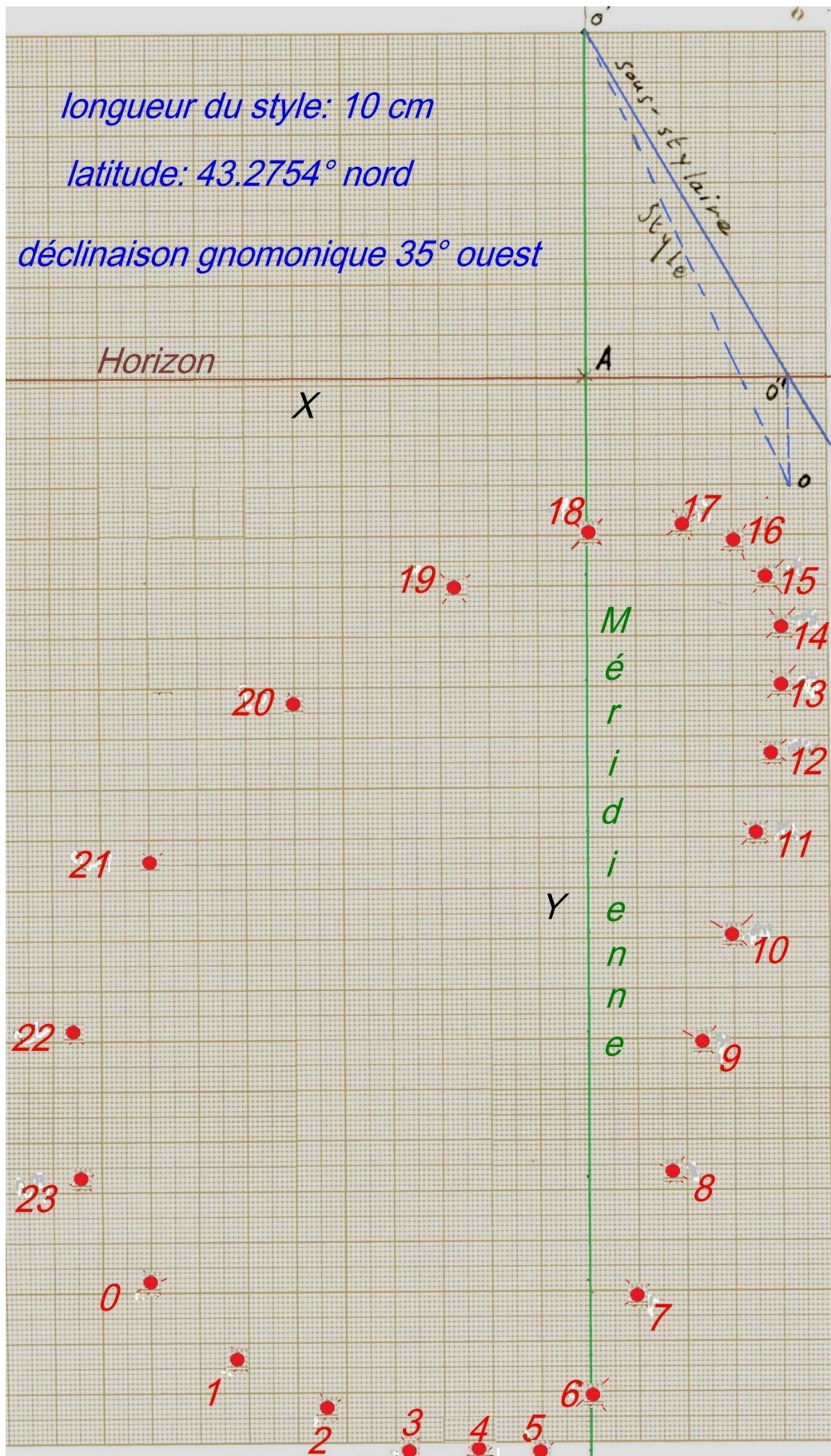
DELE , DWLW

Déclinaison du nonagésime = 3.2009 °

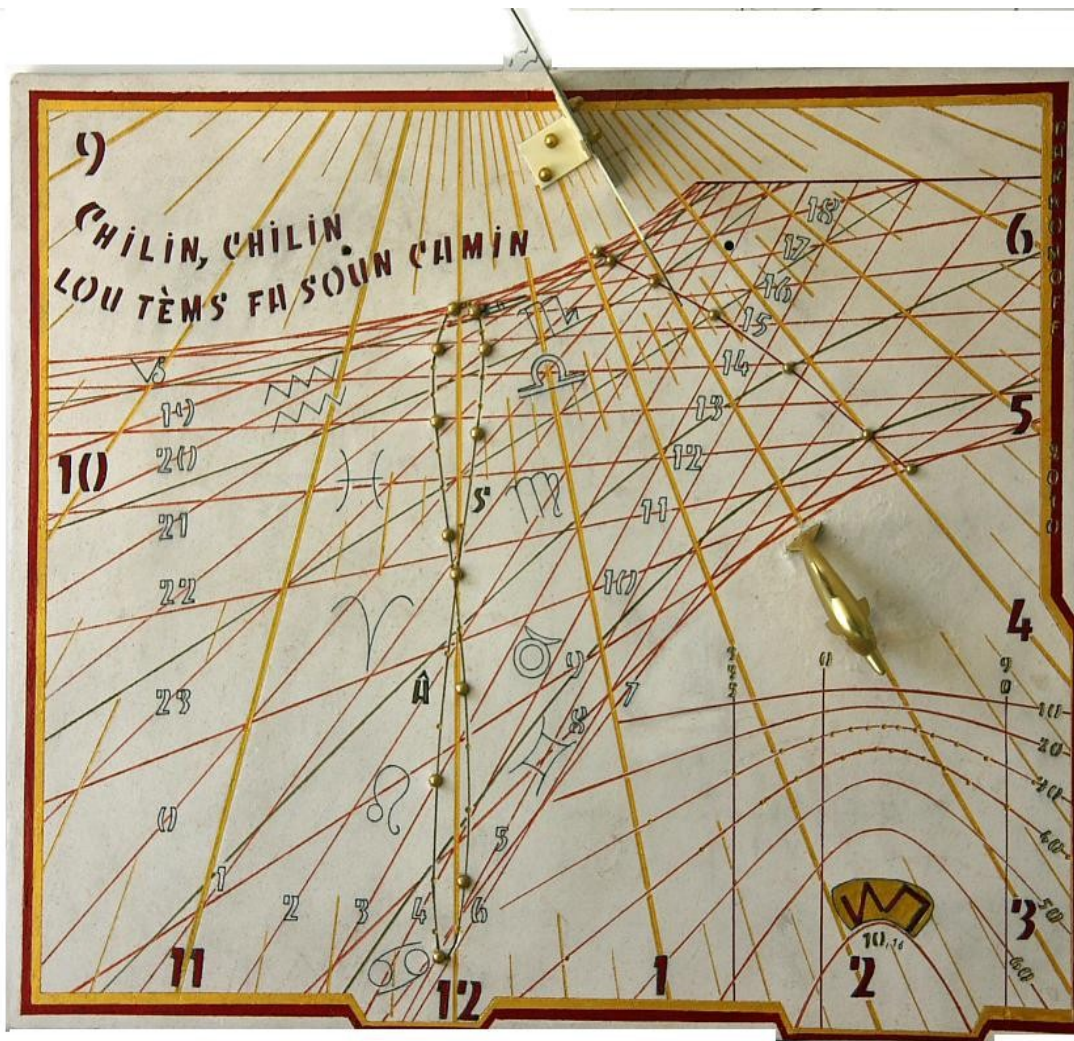
A hor	AZ	Ht	X cm.	Y(A) cm.	HV	
22.412	32.738	45.259	10.393	15.886	24.562	HS 23

A partir des points x et y nous pouvons alors tracer « la courbe du nonagésime » sur le cadran solaire.

Cette courbe d'allure piriforme décrite en 24 heures doit bien avoir une équation...



Le nonagésime de chaque heure sidérale montré sur le cadran solaire



Cadran solaire à heures solaires et sidérales.  
Signes du zodiaques, équation du temps, courbe de l'Asr.  
Le rostre du dauphin indique les hauteurs et les azimuts.

[Les cadrans solaires de Jean Pakhomoff](#)