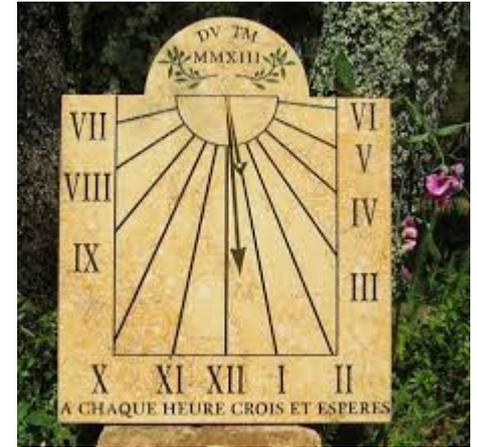
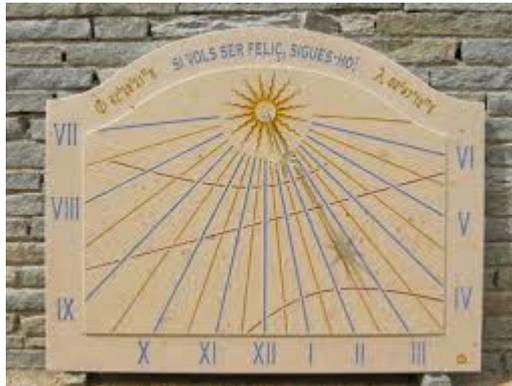
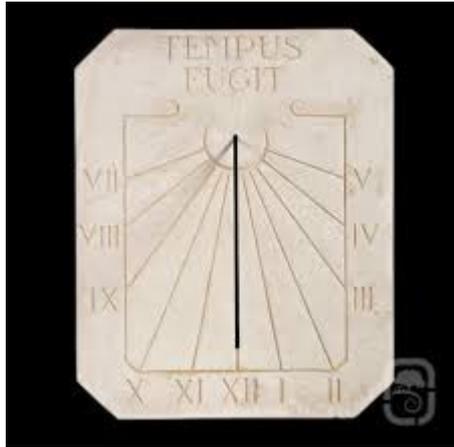


Cadran solaire mural

Présentés par Pascal M.



Cadrans solaires muraux

Les façades de bâtiments anciens, notamment les églises, hôtels de ville, et autres édifices publics ou privés sont porteuses de cadrans solaires d'aspect varié.

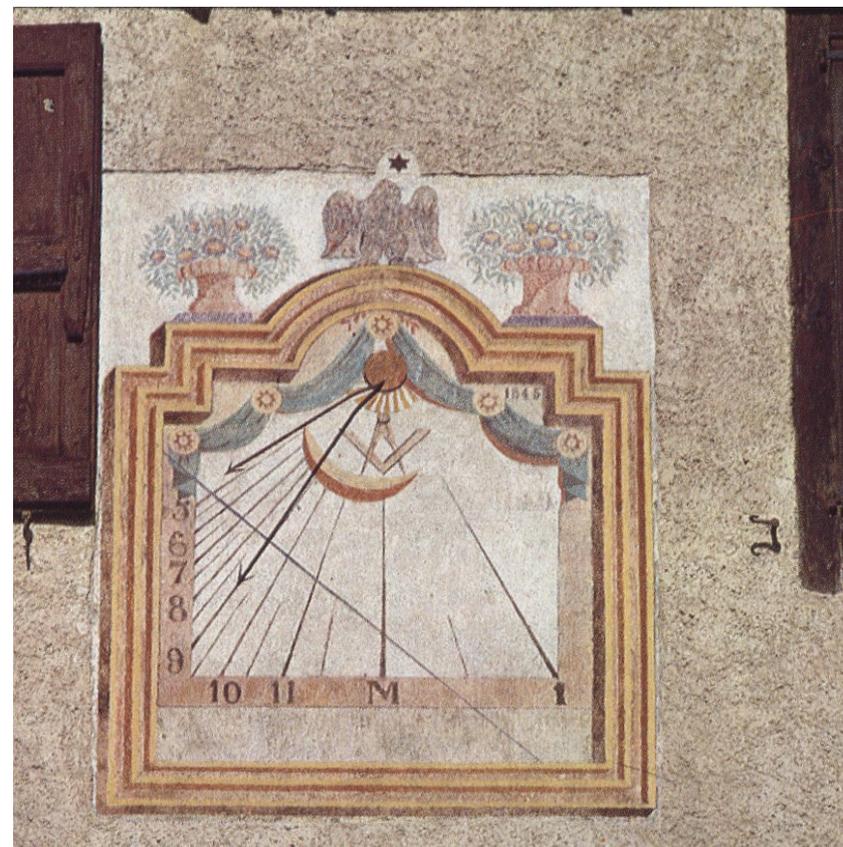
Si les anciens utilisaient les astres pour déterminer les saisons, les cadrans solaires sont les instruments de la détermination de l'heure du jour durant une période assez longue de notre histoire.

La gnomonique est l'art et la science des cadrans solaires. Ce domaine a son vocabulaire dont voici quelques termes essentiels :

- * Style : tige dont l'ombre permet de lire l'heure sur le cadran
- * Ligne horaire : ligne (droite ou courbe) représentant une graduation horaire
- * Courbe de déclinaison : ligne (droite ou courbe) matérialisant la position de l'extrémité de l'ombre (du style droit) selon le jour de l'année
- * Centre du cadran : point de convergence des lignes horaires
- * Déclinant : Est ou Ouest, se dit d'un cadran qui n'est pas orienté « plein sud »
- * Devise : citation d'ordre philosophique en lien avec le temps qui passe, souvent présente

Quelques exemples :

Cadrans solaires muraux



Cadrans solaires muraux

	Image de gauche	Image de droite
Style	Droit (perpendiculaire au plan du cadran)	Polaire (oblique, parallèle à l'axe des pôles de la terre)
	Seule l'ombre de l'extrémité du style donne l'heure	L'ombre du style entier donne l'heure
Tracé	Lignes horaires seules (droite des équinoxes très pale)	Lignes horaires avec 1/2 h + droite des équinoxes
Orientation géographique	Déclinant ouest (style droit entre les lignes 12h et 13h)	Déclinant est (droite des équinoxes penche à droite)
Points communs	Heures du matin à gauche, de l'après-midi à droite, le midi solaire est toujours vertical	

Cadran solaires muraux



- La façade qui porte ce cadran est orientée 90° ouest (cadran occidental).
- Le style est polaire et parallèle à la table du cadran (le centre du cadran est rejeté à l'infini).
- Les lignes horaires sont des segments de droite (en jaune) parallèles entre eux.
- La boule matérialise l'extrémité du style droit et permet d'évaluer la date par rapport aux courbes de déclinaison (en rouge). Seules les lignes d'équinoxes et de solstices sont représentées.
- Les graduations horaires en bleu permettent de deviner que la ligne de 18h est sous le style.
- L'ombre de la boule indique qu'il est environ 15h un jour situé un peu après l'équinoxe de printemps ou un peu avant l'équinoxe d'automne.
- Un tel cadran n'est bien sûr éclairé que l'après midi.

Cadran solaires muraux



- Le cadran ne comporte pas de lignes horaires, les heures sont représentées par des points le long des courbes de déclinaison.
- Le style est droit et la lecture de l'heure n'est pas aisée.
- 8 signes du zodiaque sont présents :
 - > à droite de haut en bas : vierge, lion, cancer et gémeaux
 - > à gauche de haut en bas : verseau, poissons, bélier et taureau (caché par la végétation)
- De toute évidence il s'agit d'un cadran purement décoratif.

Cadran solaires muraux

L'éclairement d'un cadran vertical

- En raison du mouvement de la terre, la face d'un cadran vertical ne peut pas être éclairée plus de 12 h par jour quelle que soit son orientation.
- Le maximum d'éclairement n'est pas nécessairement obtenu lorsque la durée du jour est très grande (période d'été).
- Sous nos latitudes (45° N), la durée du jour varie de 8h42 à 15h33. En été, le soleil se lève et se couche le plus souvent au dos des cadrans.

Un cadran « plein sud » sera éclairé durant 12h, aux équinoxes, du lever au coucher du soleil. Les lignes horaires de 6h et 18h sont horizontales de part et d'autre du centre du cadran.

Un cadran « plein est » (resp. « plein ouest ») est éclairé du lever jusqu'à midi (resp. de midi jusqu'au coucher), la ligne horaire de 12h est rejetée à l'infini et n'apparaît jamais. La ligne horaire de 6h (resp. 18h) se trouve sous le style.

Cadrans solaires muraux

L'heure du cadran

Un cadran solaire permet de connaître l'heure, mais plus précisément laquelle ?
Quiconque observe un cadran puis sa montre constate que les deux ne semblent pas cohérents même après prise en compte de « l'heure d'hiver » (+1h) ou « l'heure d'été » (+2h).

Les cadrans donnent l'angle horaire du soleil, traduit le plus souvent en heure solaire (vraie), parfois en heure moyenne locale.

L'heure solaire vraie révèle le mouvement apparent du soleil dans le ciel. A midi solaire, le soleil est dans le plan du méridien. Il atteint son point de culmination du jour.

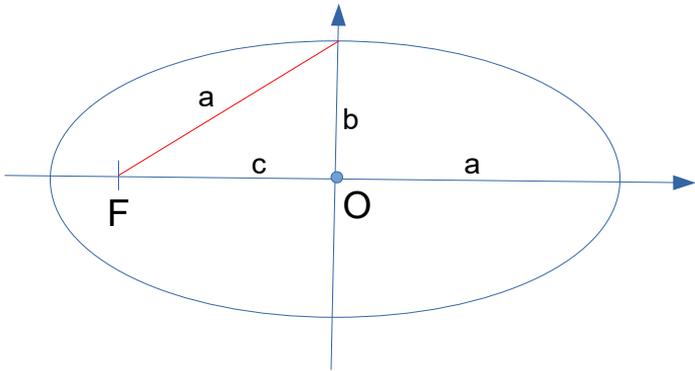
La durée qui s'écoule entre 2 passages consécutifs du soleil au méridien (jour solaire vrai) n'est pas de 24 h exactement. Nos montres sont calées sur un jour régulier de 24 h, comme l'heure moyenne locale.

La différence entre l'heure moyenne locale (appelée aussi temps solaire moyen) et l'heure solaire vraie s'appelle « l'équation du temps ». Elle résulte du mouvement de la terre sur elle-même et autour du soleil.

Cadrans solaires muraux

L'équation du temps

Le mouvement orbital d'une planète autour du soleil décrit une ellipse dont le soleil occupe un des foyers (1^{ère} Loi de Kepler, 1609)



Foyer F à la distance c du centre

$$c^2 = a^2 - b^2$$

$$e = c / a$$

Pour la terre :

a : demi grand axe, 1 UA = 149,598 millions km

b : demi petit axe, valeur = 149,577 millions km

c : distance du foyer au centre de l'ellipse

e : excentricité, valeur = 0,01671

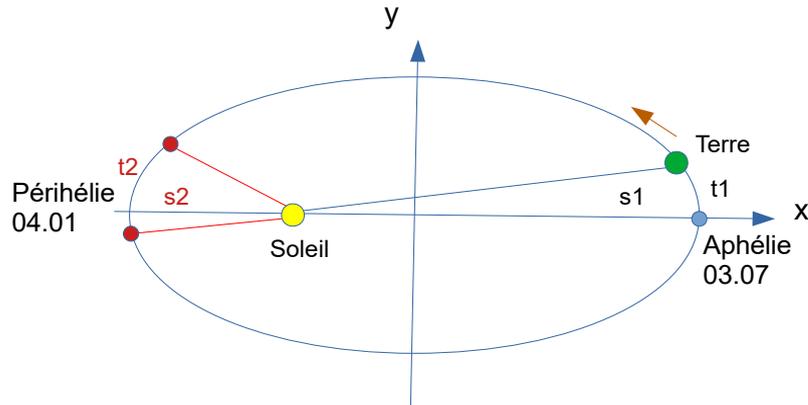
c = 2,506 millions km

L'orbite de la terre est proche d'un cercle, ce que traduit la faible valeur de l'excentricité.

Cadrans solaires muraux

L'équation du temps

Les surfaces balayées par le rayon soleil-terre dans des temps égaux sont égales (2^{ème} Loi de Kepler, 1609)



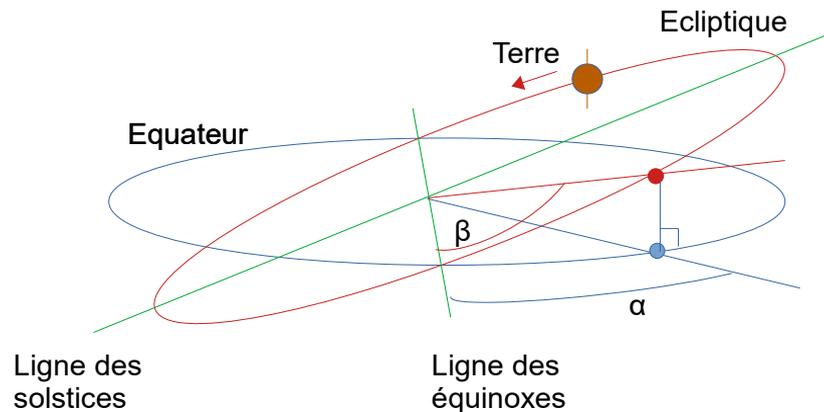
Les variations de la vitesse de la terre sur son orbite constituent « l'équation du centre », première composante de l'équation du temps.
Le parcours de l'orbite présente un axe de symétrie (axe des x : périhélie - aphélie)
L'équation du centre passe par zéro 2 fois par an

$s_1 = s_2$ entraîne que $t_1 = t_2$
les temps de parcours sur l'orbite sont égaux, la vitesse est donc variable selon la position

Cadrans solaires muraux

L'équation du temps

L'orbite de la terre définit le plan de l'écliptique, alors qu'elle tourne sur elle-même autour d'un axe perpendiculaire à l'équateur. Les plans de l'écliptique et l'équateur font entre eux un angle de $23^{\circ}26'$.



α : Ascension droite
 β : longitude écliptique

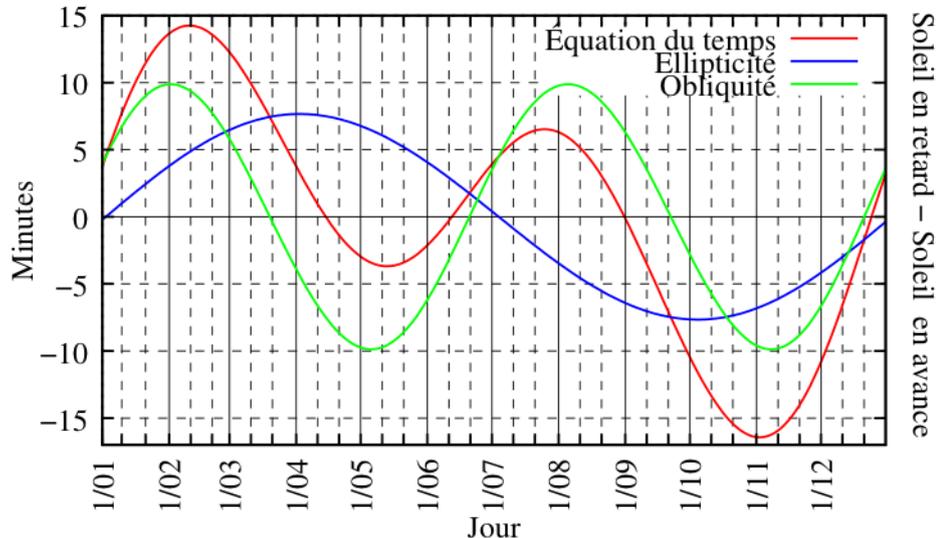
Un angle mesuré sur l'écliptique et sa projection sur l'équateur n'ont pas la même valeur. Ces écarts constituent « la réduction à l'équateur », 2eme composante de l'équation du temps.

L'intersection des 2 plans est la ligne des équinoxes et sa perpendiculaire la ligne des solstices. L'équation du centre passe par zéro 4 fois par an (α multiple de 90°).

Cadrans solaires muraux

L'équation du temps

Voici une représentation graphique de l'équation du temps et de ses 2 composantes :



Source : techno-sciences.net

La 1^{ère} composante est en bleu, la seconde en vert et le résultat final en rouge.

Le soleil peut être en retard jusqu'à 14 min ou en avance jusqu'à 16 min soit une amplitude de l'ordre de 30 minutes.

Le jour solaire vrai varie au cours de l'année de 23 h 59 m 39 s à 24 h 0 m 30 s.

On comprend l'usage actuel du temps atomique pour obtenir une échelle précise et régulière.

Cadrons solaires muraux

2025

Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
1	3 m 41 s	1	13 m 35 s	1	12 m 15 s	1	3 m 47 s	1	-2 m 55 s	1	-2 m 05 s	1	3 m 57 s	1	6 m 20 s	1	0 m 04 s	1	-10 m 25 s	1	-16 m 25 s	1	-10 m 53 s
2	4 m 09 s	2	13 m 42 s	2	12 m 03 s	2	3 m 29 s	2	-3 m 02 s	2	-1 m 56 s	2	4 m 08 s	2	6 m 16 s	2	0 m 23 s	2	-10 m 44 s	2	-16 m 26 s	2	-10 m 30 s
3	4 m 36 s	3	13 m 49 s	3	11 m 50 s	3	3 m 11 s	3	-3 m 08 s	3	-1 m 46 s	3	4 m 19 s	3	6 m 11 s	3	0 m 43 s	3	-11 m 03 s	3	-16 m 26 s	3	-10 m 06 s
4	5 m 04 s	4	13 m 54 s	4	11 m 37 s	4	2 m 54 s	4	-3 m 13 s	4	-1 m 36 s	4	4 m 30 s	4	6 m 05 s	4	-1 m 03 s	4	-11 m 21 s	4	-16 m 25 s	4	-9 m 42 s
5	5 m 30 s	5	13 m 59 s	5	11 m 24 s	5	2 m 37 s	5	-3 m 18 s	5	-1 m 25 s	5	4 m 40 s	5	5 m 59 s	5	-1 m 23 s	5	-11 m 40 s	5	-16 m 24 s	5	-9 m 17 s
6	5 m 57 s	6	14 m 03 s	6	11 m 10 s	6	2 m 20 s	6	-3 m 23 s	6	-1 m 14 s	6	4 m 50 s	6	5 m 53 s	6	-1 m 43 s	6	-11 m 57 s	6	-16 m 21 s	6	-8 m 52 s
7	6 m 22 s	7	14 m 06 s	7	10 m 56 s	7	2 m 03 s	7	-3 m 27 s	7	-1 m 03 s	7	5 m 00 s	7	5 m 45 s	7	-2 m 04 s	7	-12 m 15 s	7	-16 m 18 s	7	-8 m 26 s
8	6 m 48 s	8	14 m 09 s	8	10 m 41 s	8	1 m 46 s	8	-3 m 30 s	8	0 m 51 s	8	5 m 09 s	8	5 m 38 s	8	-2 m 24 s	8	-12 m 31 s	8	-16 m 14 s	8	-8 m 00 s
9	7 m 13 s	9	14 m 10 s	9	10 m 26 s	9	1 m 30 s	9	-3 m 33 s	9	0 m 40 s	9	5 m 18 s	9	5 m 29 s	9	-2 m 45 s	9	-12 m 48 s	9	-16 m 09 s	9	-7 m 33 s
10	7 m 37 s	10	14 m 11 s	10	10 m 11 s	10	1 m 14 s	10	-3 m 35 s	10	0 m 28 s	10	5 m 27 s	10	5 m 20 s	10	-3 m 06 s	10	-13 m 04 s	10	-16 m 03 s	10	-7 m 06 s
11	8 m 01 s	11	14 m 11 s	11	9 m 55 s	11	0 m 58 s	11	-3 m 37 s	11	0 m 15 s	11	5 m 35 s	11	5 m 10 s	11	-3 m 27 s	11	-13 m 19 s	11	-15 m 57 s	11	-6 m 39 s
12	8 m 24 s	12	14 m 11 s	12	9 m 39 s	12	0 m 43 s	12	-3 m 38 s	12	0 m 03 s	12	5 m 42 s	12	5 m 00 s	12	-3 m 48 s	12	-13 m 34 s	12	-15 m 49 s	12	-6 m 11 s
13	8 m 46 s	13	14 m 09 s	13	9 m 23 s	13	0 m 27 s	13	-3 m 38 s	13	0 m 09 s	13	5 m 49 s	13	4 m 50 s	13	-4 m 10 s	13	-13 m 49 s	13	-15 m 41 s	13	-5 m 43 s
14	9 m 08 s	14	14 m 07 s	14	9 m 06 s	14	0 m 13 s	14	-3 m 38 s	14	0 m 21 s	14	5 m 56 s	14	4 m 38 s	14	-4 m 31 s	14	-14 m 03 s	14	-15 m 32 s	14	-5 m 14 s
15	9 m 29 s	15	14 m 04 s	15	8 m 49 s	15	0 m 01 s	15	-3 m 37 s	15	0 m 34 s	15	6 m 02 s	15	4 m 26 s	15	-4 m 52 s	15	-14 m 16 s	15	-15 m 22 s	15	-4 m 45 s
16	9 m 50 s	16	14 m 01 s	16	8 m 32 s	16	0 m 15 s	16	-3 m 36 s	16	0 m 47 s	16	6 m 08 s	16	4 m 14 s	16	-5 m 14 s	16	-14 m 29 s	16	-15 m 11 s	16	-4 m 16 s
17	10 m 10 s	17	13 m 56 s	17	8 m 15 s	17	0 m 29 s	17	-3 m 34 s	17	1 m 00 s	17	6 m 13 s	17	4 m 01 s	17	-5 m 35 s	17	-14 m 42 s	17	-14 m 59 s	17	-3 m 47 s
18	10 m 29 s	18	13 m 51 s	18	7 m 58 s	18	0 m 42 s	18	-3 m 32 s	18	1 m 13 s	18	6 m 17 s	18	3 m 48 s	18	-5 m 57 s	18	-14 m 53 s	18	-14 m 47 s	18	-3 m 17 s
19	10 m 47 s	19	13 m 46 s	19	7 m 40 s	19	0 m 55 s	19	-3 m 29 s	19	1 m 26 s	19	6 m 21 s	19	3 m 34 s	19	-6 m 18 s	19	-15 m 04 s	19	-14 m 33 s	19	-2 m 48 s
20	11 m 05 s	20	13 m 39 s	20	7 m 23 s	20	-1 m 08 s	20	-3 m 26 s	20	1 m 39 s	20	6 m 25 s	20	3 m 20 s	20	-6 m 40 s	20	-15 m 15 s	20	-14 m 19 s	20	-2 m 18 s
21	11 m 21 s	21	13 m 32 s	21	7 m 05 s	21	-1 m 20 s	21	-3 m 22 s	21	1 m 52 s	21	6 m 27 s	21	3 m 05 s	21	-7 m 01 s	21	-15 m 25 s	21	-14 m 04 s	21	-1 m 48 s
22	11 m 38 s	22	13 m 25 s	22	6 m 47 s	22	-1 m 32 s	22	-3 m 17 s	22	2 m 05 s	22	6 m 30 s	22	2 m 50 s	22	-7 m 22 s	22	-15 m 34 s	22	-13 m 48 s	22	-1 m 18 s
23	11 m 53 s	23	13 m 17 s	23	6 m 29 s	23	-1 m 43 s	23	-3 m 12 s	23	2 m 18 s	23	6 m 31 s	23	2 m 34 s	23	-7 m 43 s	23	-15 m 42 s	23	-13 m 32 s	23	0 m 48 s
24	12 m 07 s	24	13 m 08 s	24	6 m 11 s	24	-1 m 54 s	24	-3 m 07 s	24	2 m 31 s	24	6 m 33 s	24	2 m 18 s	24	-8 m 04 s	24	-15 m 50 s	24	-13 m 15 s	24	0 m 19 s
25	12 m 21 s	25	12 m 58 s	25	5 m 53 s	25	-2 m 04 s	25	-3 m 01 s	25	2 m 44 s	25	6 m 33 s	25	2 m 01 s	25	-8 m 25 s	25	-15 m 57 s	25	-12 m 56 s	25	0 m 10 s
26	12 m 34 s	26	12 m 48 s	26	5 m 35 s	26	-2 m 14 s	26	-2 m 54 s	26	2 m 56 s	26	6 m 33 s	26	1 m 44 s	26	-8 m 45 s	26	-16 m 03 s	26	-12 m 38 s	26	0 m 40 s
27	12 m 46 s	27	12 m 38 s	27	5 m 16 s	27	-2 m 23 s	27	-2 m 47 s	27	3 m 09 s	27	6 m 32 s	27	1 m 27 s	27	-9 m 06 s	27	-16 m 09 s	27	-12 m 18 s	27	1 m 09 s
28	12 m 58 s	28	12 m 27 s	28	4 m 58 s	28	-2 m 32 s	28	-2 m 40 s	28	3 m 21 s	28	6 m 31 s	28	1 m 09 s	28	-9 m 26 s	28	-16 m 14 s	28	-11 m 58 s	28	1 m 39 s
29	13 m 08 s			29	4 m 40 s	29	-2 m 40 s	29	-2 m 32 s	29	3 m 33 s	29	6 m 29 s	29	0 m 51 s	29	-9 m 46 s	29	-16 m 18 s	29	-11 m 37 s	29	2 m 08 s
30	13 m 18 s			30	4 m 22 s	30	-2 m 48 s	30	-2 m 23 s	30	3 m 45 s	30	6 m 27 s	30	0 m 33 s	30	-10 m 06 s	30	-16 m 21 s	30	-11 m 15 s	30	2 m 37 s
31	13 m 27 s			31	4 m 04 s			31	-2 m 15 s			31	6 m 24 s	31	0 m 14 s			31	-16 m 23 s			31	3 m 05 s

Cadrans solaires muraux



L'heure du cadran

Photo prise à La Roche Bernard (56) le 08.08.2017
Longitude du lieu : 2°18' Ouest

Ecart de longitude traduit en heures :
(2 x 4 min) + (18 x 4 s) ouest = +9 min 12 s
(Écart positif à l'ouest du méridien, négatif à l'est)

Equation du temps du jour : +5 min 37 s

$$H_{\text{solaire}} = H_{\text{légale}} - \Delta_{\text{Long}} - \text{Eqt} - 2\text{h (été)}$$

$$H_{\text{solaire}} = 17 \text{ h } 17 - 9 \text{ min } 12 - 5 \text{ min } 37 - 2 \text{ h}$$

$$H_{\text{solaire}} = 15 \text{ h } 02 \text{ min } 11 \text{ s}$$

Ce cadran au tracé symétrique, semble « plein sud », ce qui est plutôt exceptionnel pour une façade. Remarquez la devise : « le soleil me dirige, vous c'est l'ombre ».