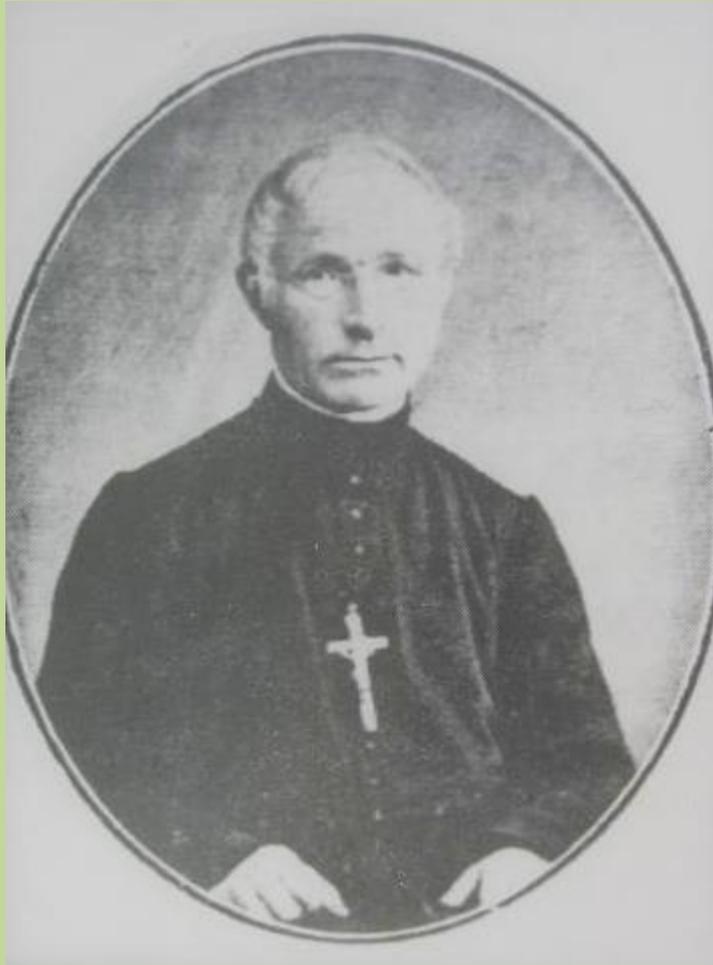


C'est là que se trouve une des huit horloges astronomiques de France:
Strasbourg, Beauvais, Besançon, Plöermel, Lyon, Bourges, Chartres et Saint-Omer







Elle a été construite entre 1850 et 1855 par monsieur Gabriel Morin (1812-1876), **frère Bernardin**, professeur de mathématiques, pour illustrer ses cours

Elle a été démontée en 1874 et mise en caisse puis remontée en 1895 dans le kiosque actuel

En 1904, après l'expulsion des Frères, la vente aux enchères de l'horloge, au prix de la ferraille, ne trouva pas d'acquéreur.

Elle a ensuite été restaurée en 1920 par la maison Terrailon de Morez puis en 1979 par la maison Ungerer de Strasbourg

Elle a été classée « Monument historique » le 25 juin 1982



C'est le Frère Arsène Pelmoine qui l'a actuellement en charge



1^{ère} partie : les indications « astronomiques »



HORLOGE ASTRONOMIQUE

Construite à Ploërmel en cinq ans (1850-1855) par le Frère BERNARDIN (Gabriel MORIN, 1812-1876)
l'Horloge astronomique commença à fonctionner en mai 1855.

LES CADRANS

- Cadran n° 1.** - Ce cadran indique l'heure moyenne de notre fuseau (Greenwich). Notre heure légale est avancée tantôt d'une heure, tantôt de 2 heures.
- Cadran n° 2.** - C'est un calendrier. La petite aiguille, dorée, indique la date et la grande blanche le jour de la semaine.
- Cadran n° 3.** - Le mois lunaire compte 29,53 jours moyens. La grande aiguille dorée indique les phases de la lune. La petite, blanche, indique le mois, la saison et le signe du zodiaque.
- Cadran n° 4.** - La petite aiguille blanche donne l'équation du temps, c'est à dire la différence entre le temps vrai et le temps moyen.

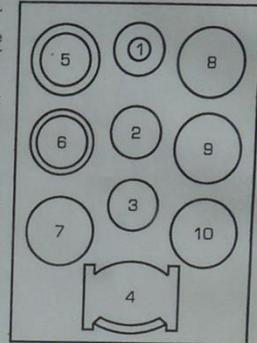
Le temps vrai est celui indiqué par un cadran solaire; il suit donc les irrégularités de la marche du soleil.

Le temps moyen, lui, absolument régulier, est donné par une horloge mécanique par exemple. Cette différence peut aller jusqu'à 17 minutes en plus ou en moins.

Elle provient, entre autres choses, de ce que la terre parcourt autour du soleil; non un cercle parfait, mais une ellipse presque circulaire et à une vitesse irrégulière (loi de Képler).

La grande aiguille dorée tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre. Les deux rectangles sont mobiles et indiquent le lever et le coucher du soleil. Ils sont sur par deux roues excentriques situées derrière les cadrans. Ils sont au plus bas vers le 21 juin et au plus haut vers le 23 décembre.

- Cadrans n° 5/6.** - Ils donnent le temps moyen pour le monde entier. Ces cadrans font un tour sur eux-mêmes en 24 heures. Il est midi au bas du cadran 6 et au sommet du 5. Il est midi au bas du cadran 5 et au sommet du 6.
- Cadran n° 7.** - Donne les positions de la lune, de la terre et du soleil. A la nouvelle lune, les deux aiguilles sont l'une sur l'autre. A la pleine lune, elles sont dans le prolongement l'une de l'autre. Pour le premier et le dernier quartier, elles forment un angle droit.
- Cadrans n° 8/9.** - Donnent l'aspect de la voûte étoilée à chaque instant pour Ploërmel. La ligne jaune représente le lever et le trajet du soleil à travers les constellations du Zodiaque tout au long de l'année. Ces deux cadrans font un tour en un jour sidéral, soit 23 heures et 56 minutes.
- Cadran n° 10.** - La grande aiguille dorée fait un tour en un an; elle donne la position du soleil sur l'écliptique par son ascension droite et sa déclinaison. L'aiguille blanche marque les années; elle fait un tour par siècle. La petite aiguille noire compte les siècles: elle fait un tour en mille ans.



Tous ces cadrans reçoivent leur mouvement de l'horloge centrale par trois tiges horizontales que l'on voit derrière les cadrans.

Cette horloge centrale se remonte à la main tous les jours.

Maison-Mère des Frères
1, Bd Foch - BP 35 - 56801 PLOERMEL
Tél. : 02 97 74 06 67



Photo faite
à 12h25....

Le dimanche 9

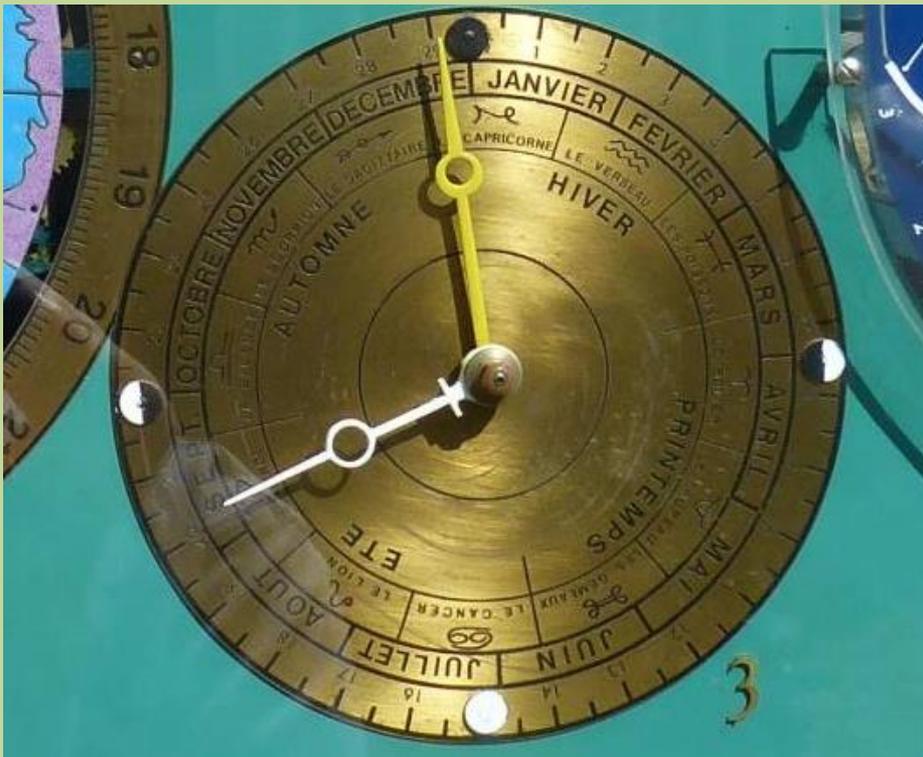
Septembre (aiguille blanche)



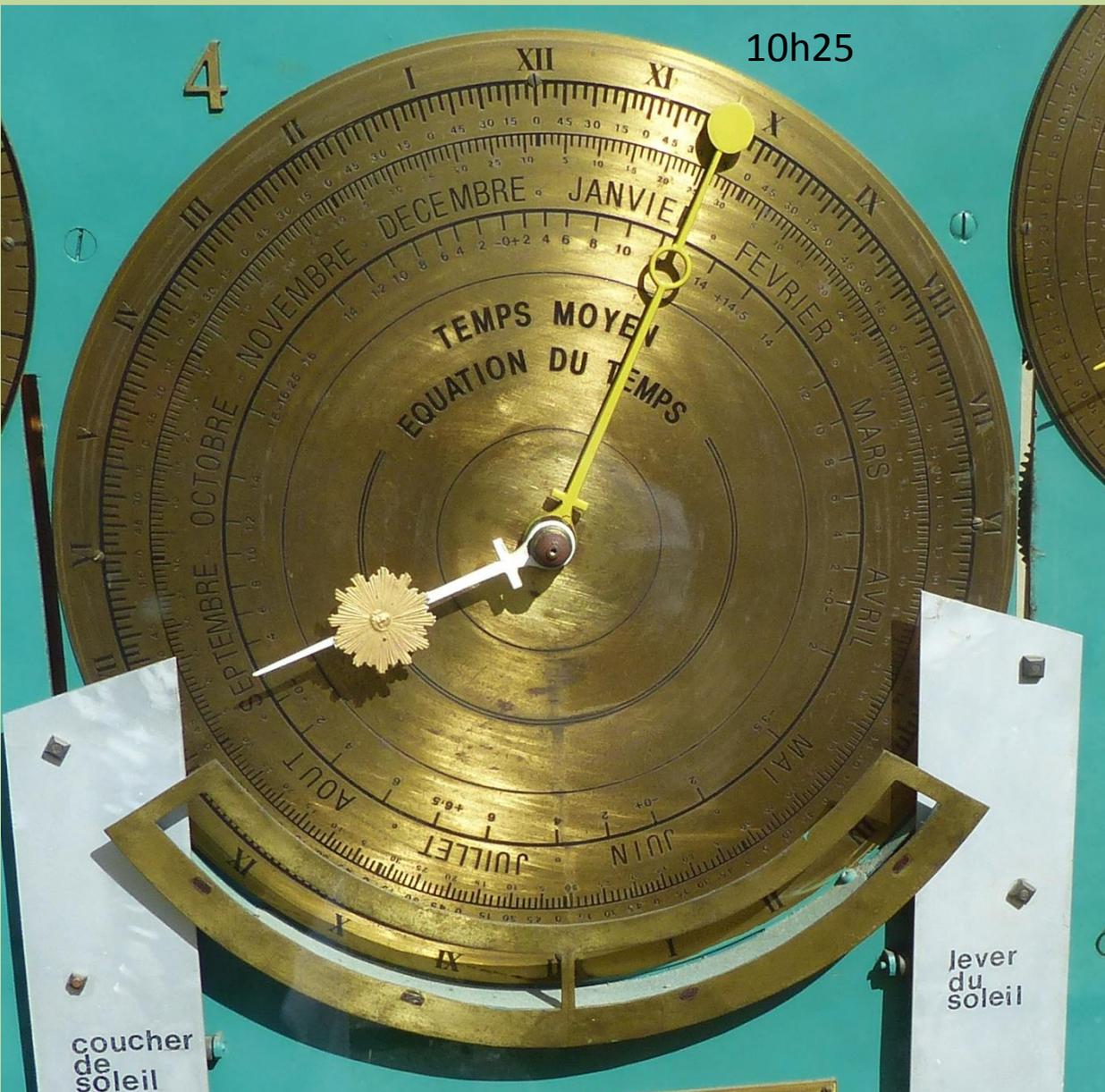
Nouvelle
lune

9 septembre
2018

20:02:41



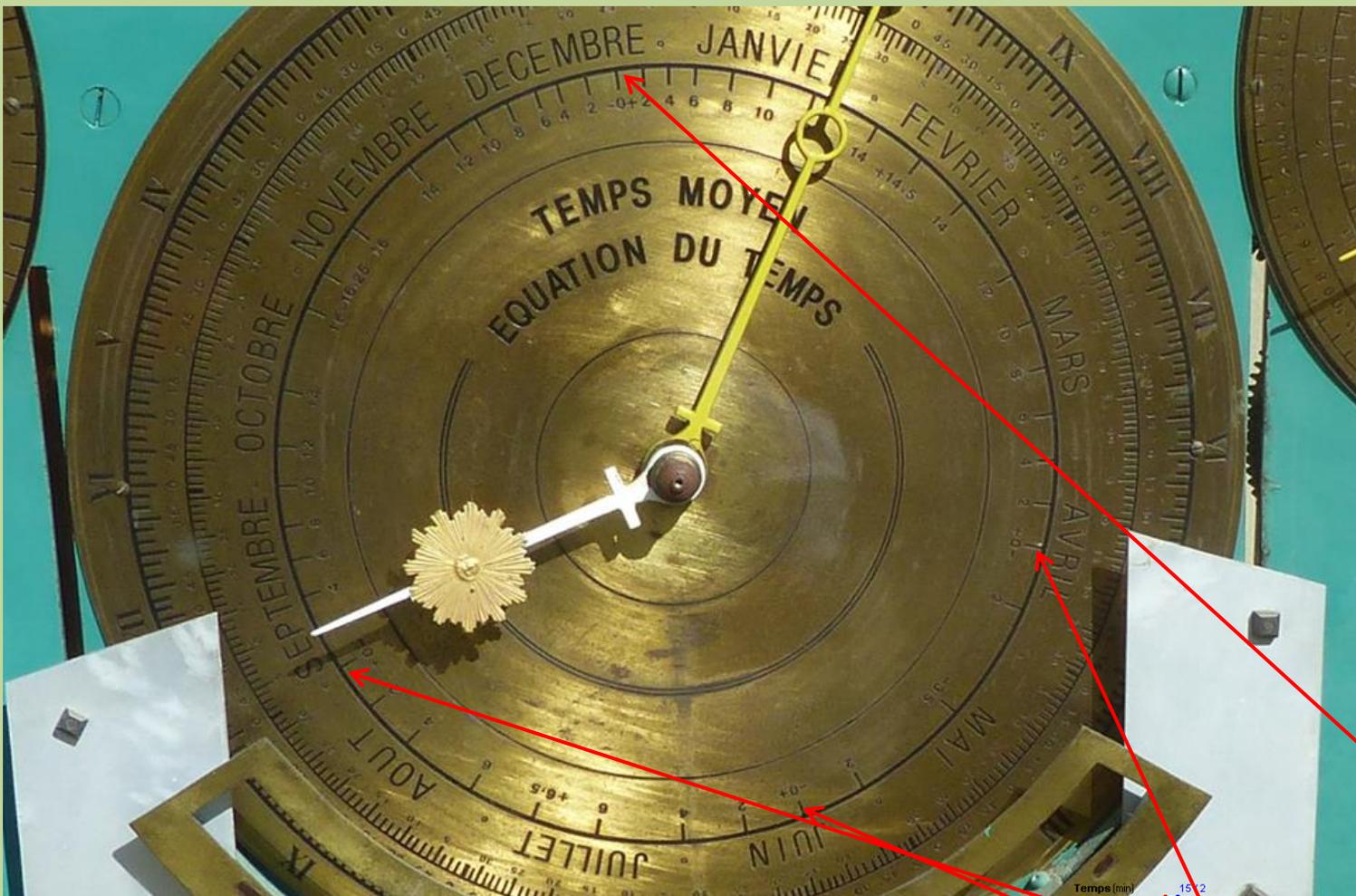
Tout le tableau supportant les cadrans est face au SUD, donc l'EST est à droite et l'OUEST à gauche
 L'aiguille jaune qui suit le Soleil en indiquant l'heure tourne donc dans le sens inverse des aiguilles d'une montre...



Équation du temps



Date =	09/09/2018	Autre date =	
J =	2078	J/325 =	5,6
déclinaison =	4,2 °		0,0736 rd
déclinaison =	3,7 °		0,0652 rd
déclinaison =	4,0 °		0,0694 rd
déclinaison =	5,4 ° +/- 0,2°		0,0945 rd
Latitude =	48,71 ° +/- 0,1°	N	
Longitude =	2,21 ° +/- 0,1°	E	
Durée jour =	12,8 h (VB)		lev
Durée jour =	12,8 h (Duffie&Beckman)		couch
Calcul de l'heure solaire vraie :			
Equation du temps :	(avance du temps moyen sur		
E =	- 151	+/- 17s soit -	2,52 mn



Une façon originale de présenter « l'équation du temps »

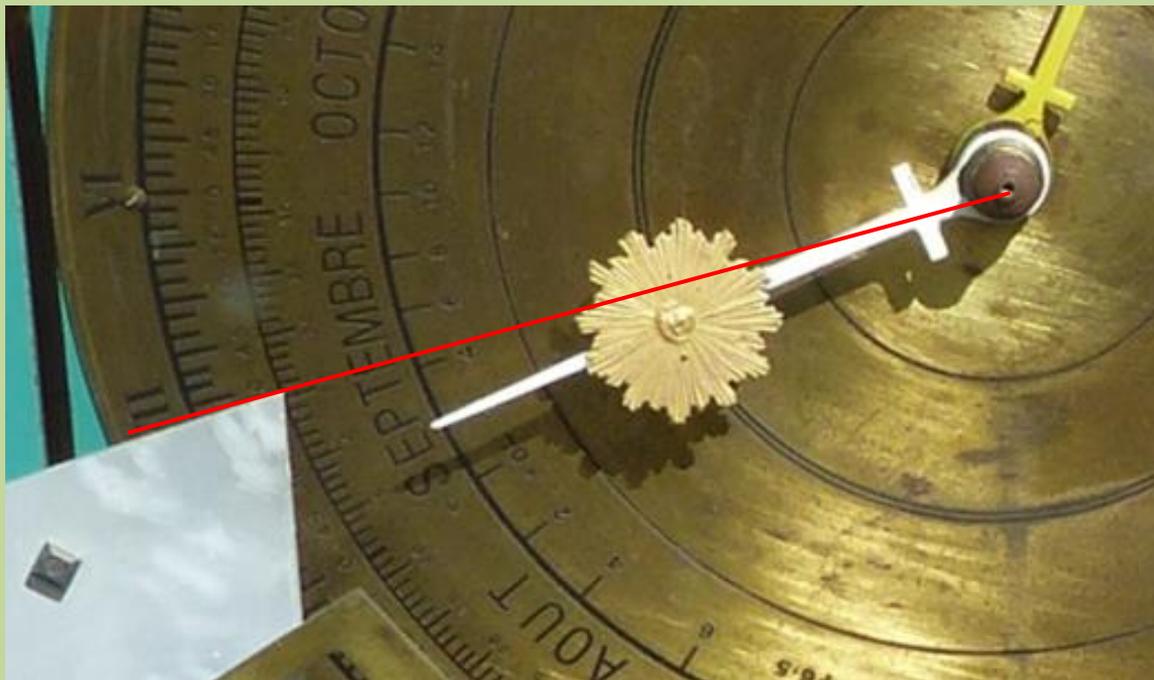




Lever de soleil à 5h25 (7h25)

07:38

Dimanche 9 septembre 2018 (UTC+2)
Lever du soleil (Ploërmel)

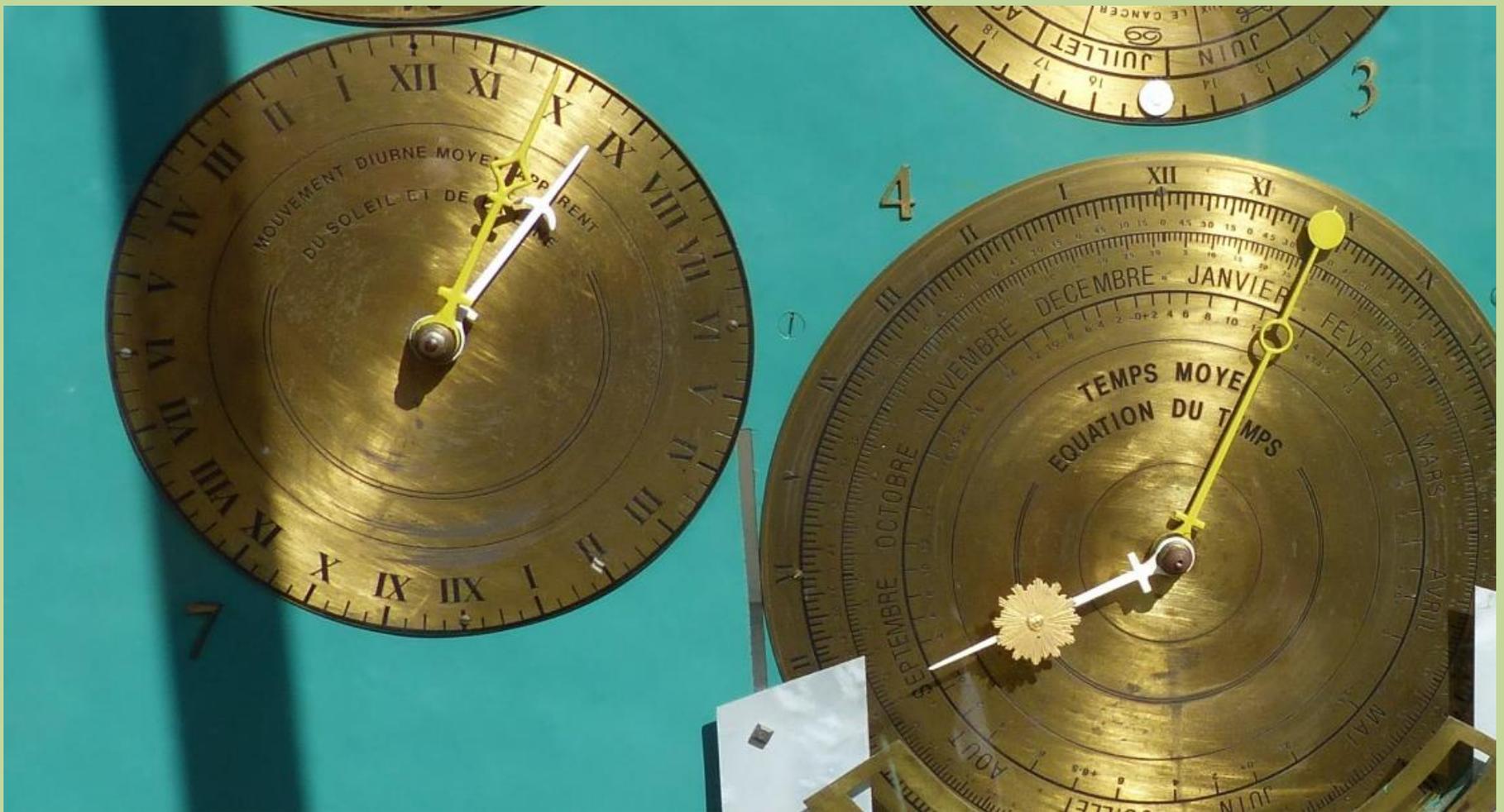


Coucher de Soleil à 18h55 (20h55)

20:35

Dimanche 9 septembre 2018 (UTC+2)
Coucher du soleil (Ploërmel)

Ces butées mobiles limitant la durée du jour sont-elles précises?



L'aiguille jaune suit le soleil (// à celle du cadran 4)

L'aiguille blanche suit la Lune

Si elles se superposent, il y a Nouvelle Lune ; si elles se prolongent, il y a Pleine Lune etc....

Vue au-dessus du Pôle Nord

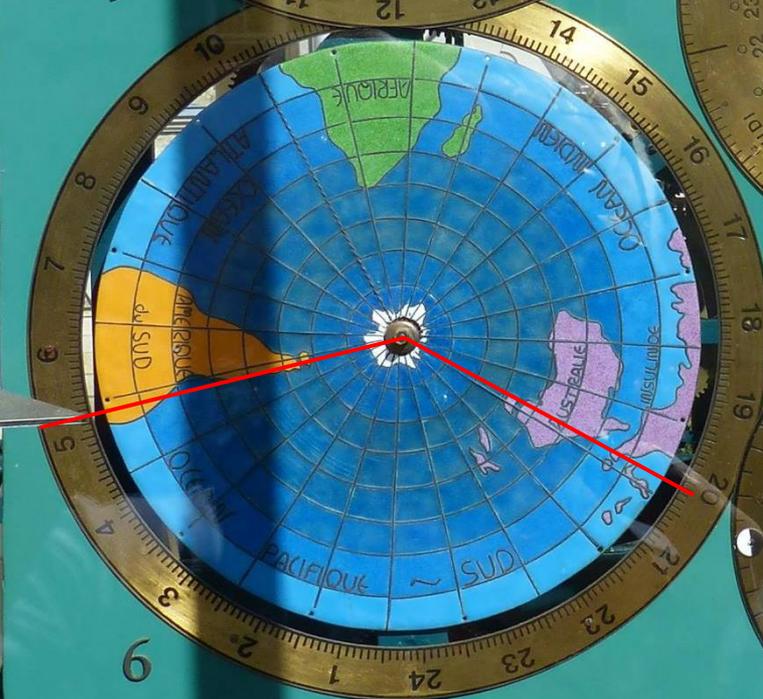


19h à Tokyo

10h25 à
Plöermel



Vue au-dessus du Pôle Sud

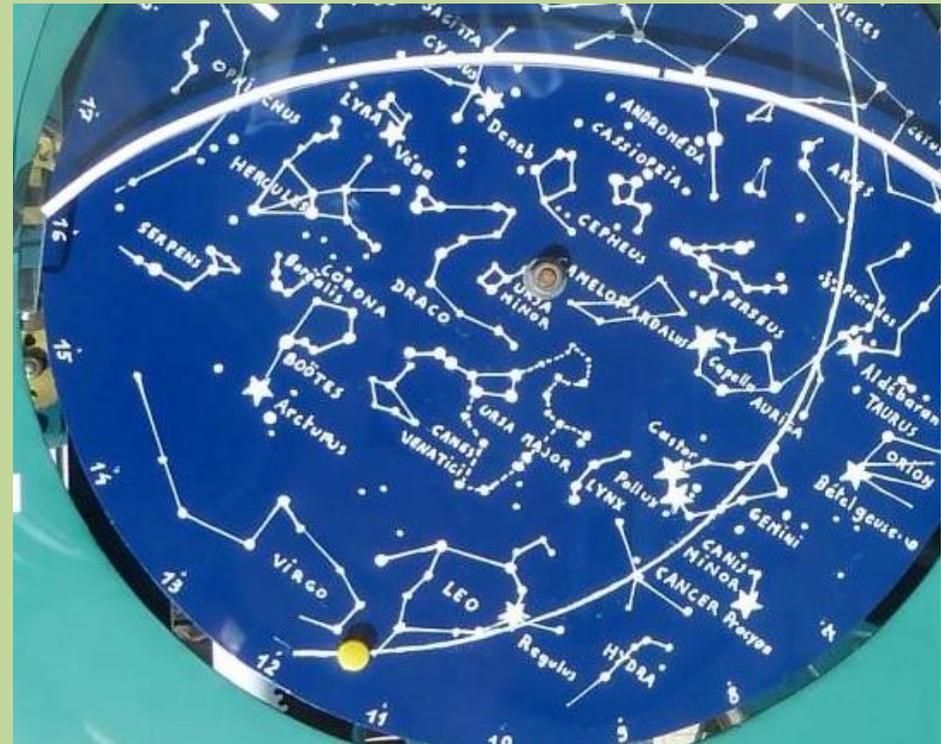


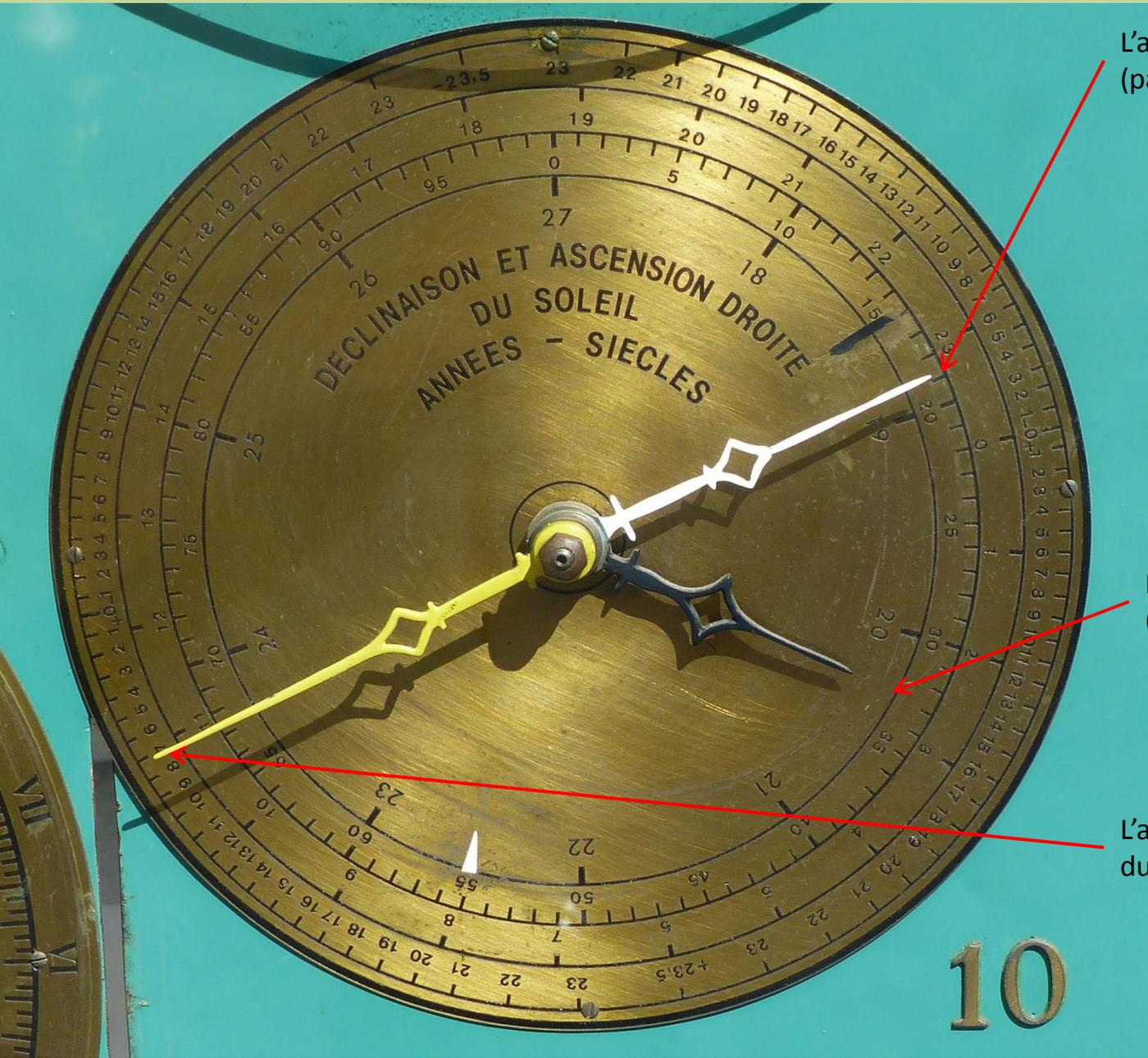
5h15 à
Ushuaia

20h05 à
Sydney



Les deux arcs blancs indiquent l'horizon à Plöermel
 La ligne blanche est l'écliptique
 Les deux disques font un tour en 23h56min 04s , révolution sidérale alors que les deux disques précédents font un tour en 24h





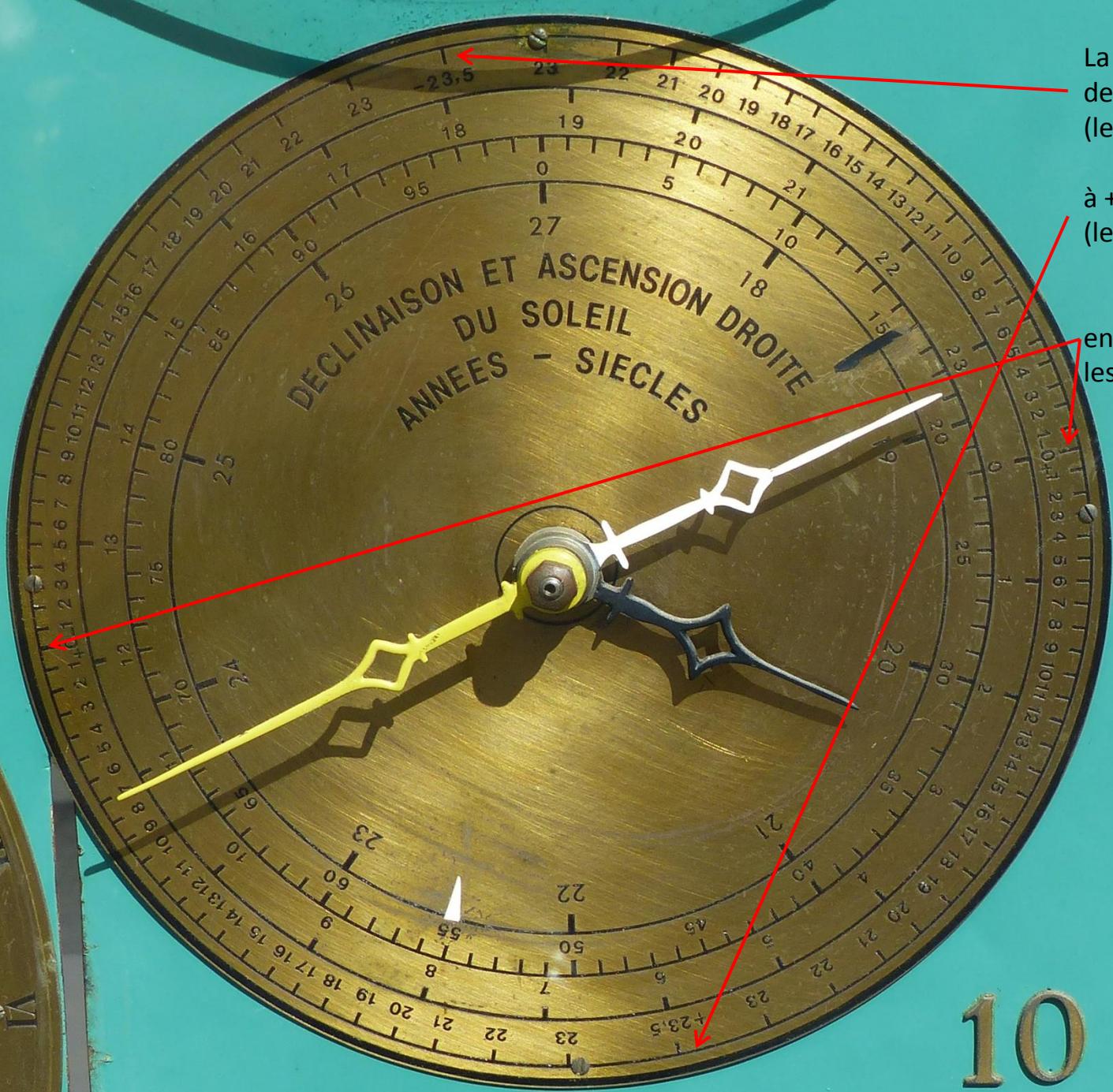
L'aiguille blanche indique l'année (pas tout à fait 19 donc fin 2018)

L'aiguille noire indique le siècle (entre 20 et 21 donc 21^{ème} siècle)

L'aiguille jaune indique la position du soleil, déclinaison et A.D.

10

Voyons de plus près...



La déclinaison varie de $-23,4^\circ$ (le 22 décembre)

à $+23,4^\circ$ (le 21 juin)

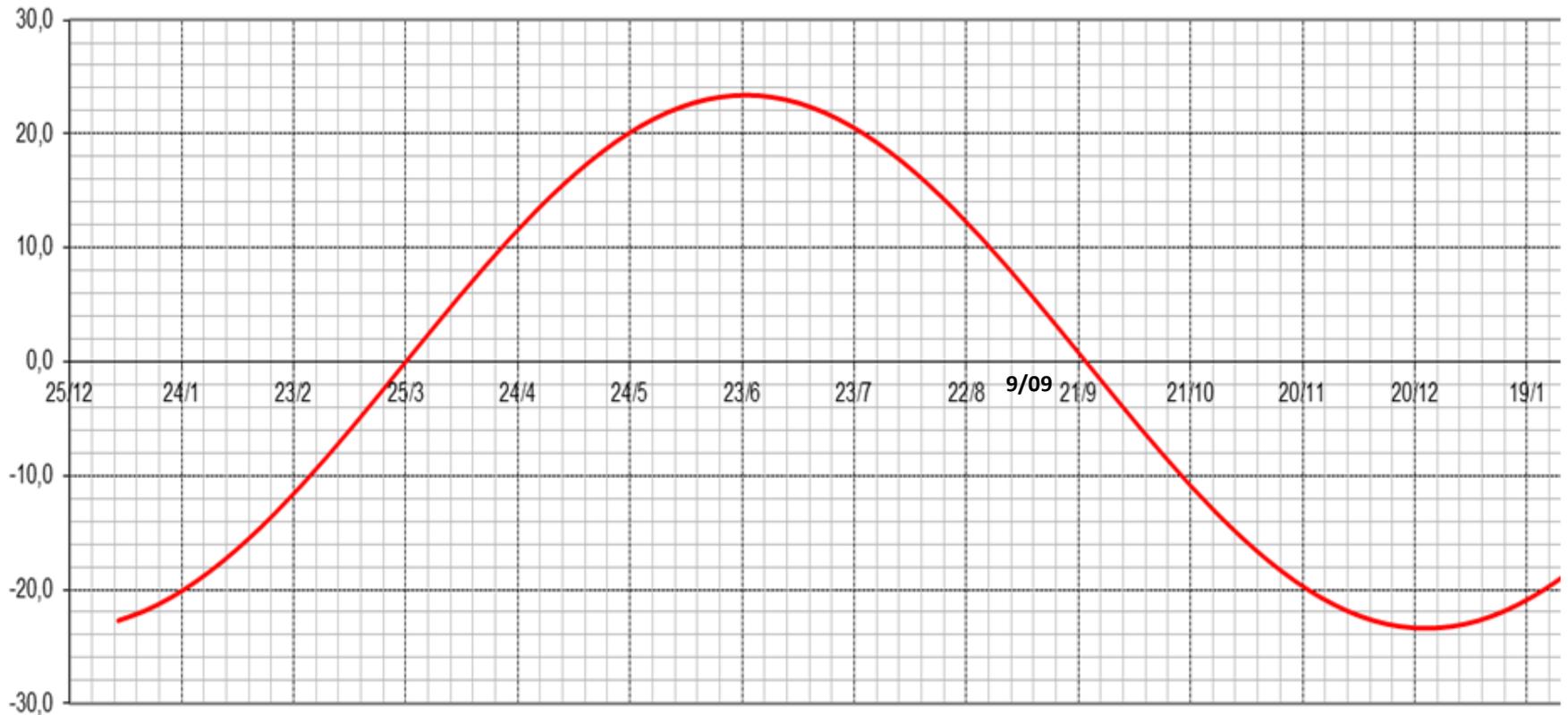
en passant par 0° (les 21 mars et 23 septembre)

On peut lire que le 9 septembre elle serait de $+7^\circ$

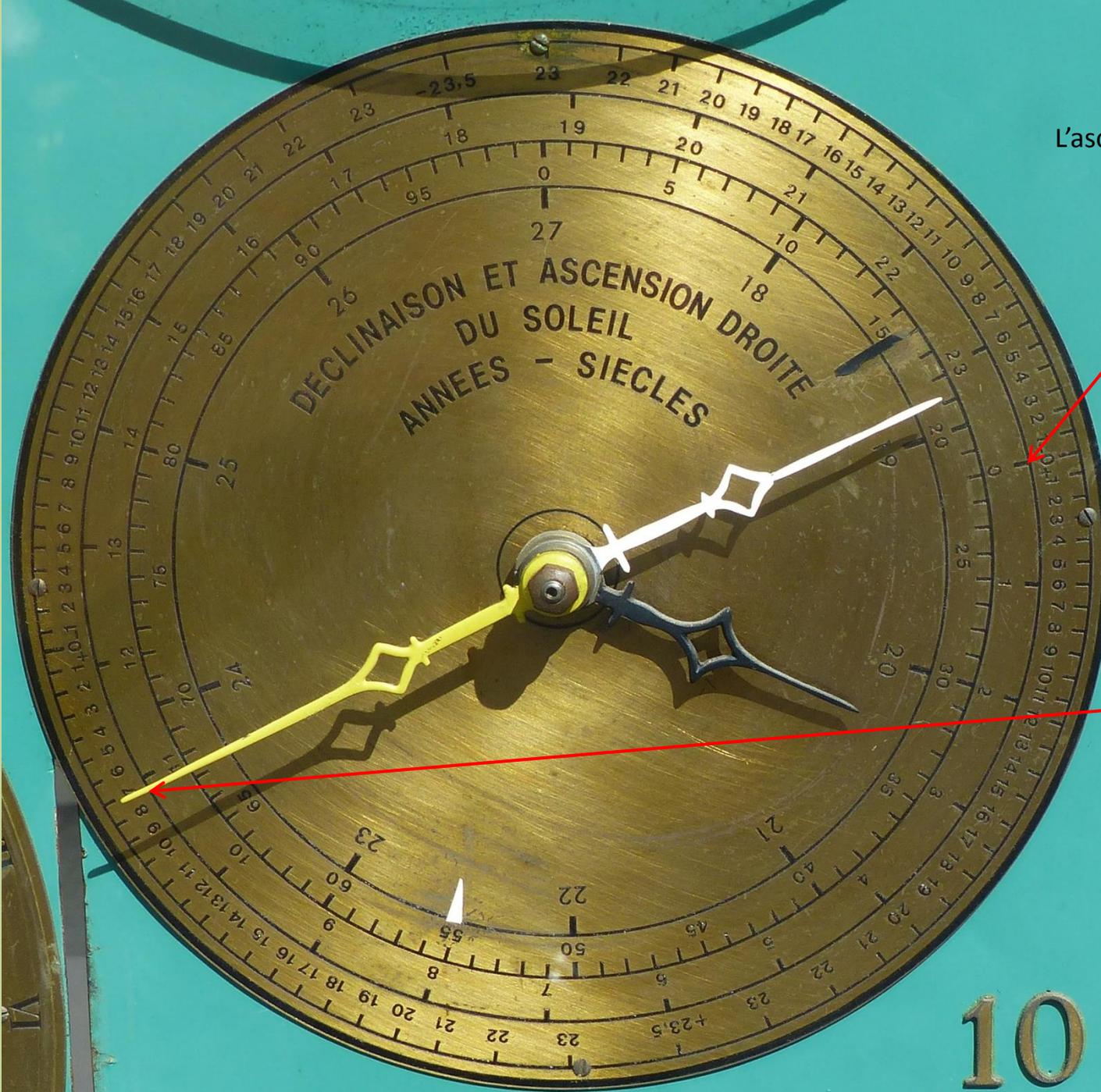
10

Variation de la déclinaison du Soleil tout au long de l'année

(angle qu'il fait avec le plan de l'équateur ; on se rend bien compte de ces variations tout au long de l'année en l'observant au moment du passage au méridien)



Ça colle!



L'ascension droite varie de 0 à 24h

On peut lire 11h

 le Soleil

Magnitude = -26,70
Diamètre apparent = 1905,55"

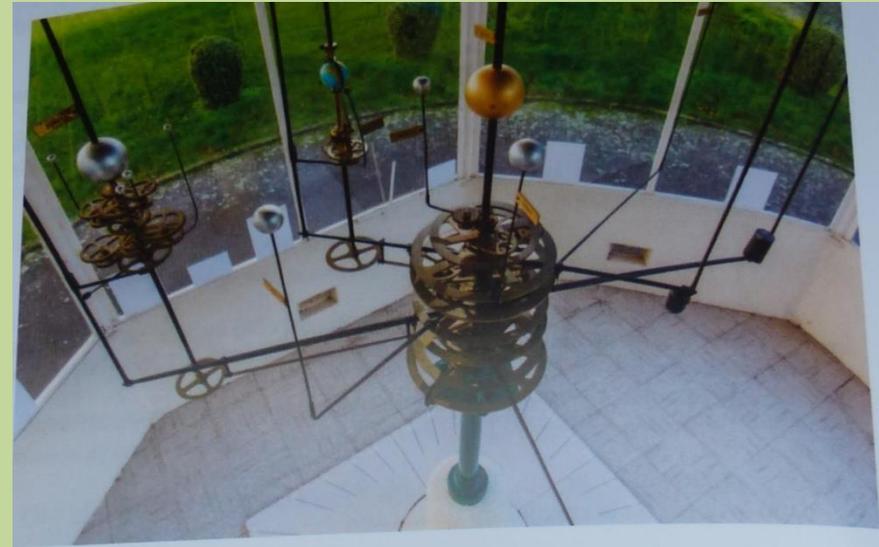
Distance à la Terre = 1,0072 UA = 150674312 km

AD2000 = 11h 10m 59,7s; DE2000 = +5° 15' 10"
AD époque = 11h 11m 57,7s; DE époque = +5° 9' 6"
AD app. = 11h 11m 57,7s; DE app. = +5° 9' 6"

10

Ça colle!

2^{ème} partie : le « planétaire » »



LE SYSTÈME PLANÉTAIRE

Cette deuxième partie de l'horloge astronomique reçoit son mouvement du mécanisme central par deux tiges de transmission. Celle du côté du clocher fait tourner l'ensemble du système ; l'autre fait tourner la terre sur elle-même, la lune autour de la terre, Jupiter sur lui-même avec ses satellites.

LE SOLEIL. - Au centre de ce système planétaire, le soleil (globe doré), porté par un axe vertical, exécute sa rotation sur lui-même en 25 jours et 10 heures.

Autour du soleil gravitent les planètes (boules argentées), escortées elles-mêmes de leurs satellites.

Toutes ces planètes exécutent autour du soleil leur révolution dans le temps fixé par les données astronomiques. Leur position à tout instant correspond à celle qu'elles occupent dans le ciel en ce moment.

MERCURE. - La plus proche du soleil fait sa révolution en 88 jours.

VÉNUS. - Elle accomplit sa révolution autour du soleil en 225 jours.

TERRE. - Portée par un axe vertical et un axe incliné de 23°27' sur l'écliptique (cercle que le soleil semble parcourir dans son mouvement annuel apparent), elle accomplit sa translation autour du soleil en 365,2422 jours moyens. Elle tourne sur elle-même en 23 heures et 56 minutes par rapport aux étoiles (jour sidéral) et en 24 h par rapport au **soleil moyen**.

L'axe incliné portant le globe terrestre reste parallèle à lui-même, ce qui détermine les saisons.

Sa rotation sur elle-même en un jour sidéral, combinée avec son mouvement de translation autour du soleil, produit le jour solaire vrai dont la durée est variable.

Dans son mouvement, la terre entraîne la lune qui accomplit sa révolution sidérale en 27 jours et 7 heures, ce qui, combiné avec le mouvement de translation de la terre, donne les phases de la lune.

MARS. - Durée de révolution : 1 an 322 jours.

JUPITER. - Révolution : 11 ans 315 jours. Jupiter tourne sur lui-même en 10 heures et ses quatre principaux satellites autour de lui.

SATURNE. - Reconnaisable à son anneau, fait un tour de soleil en 29 ans et 167 jours.

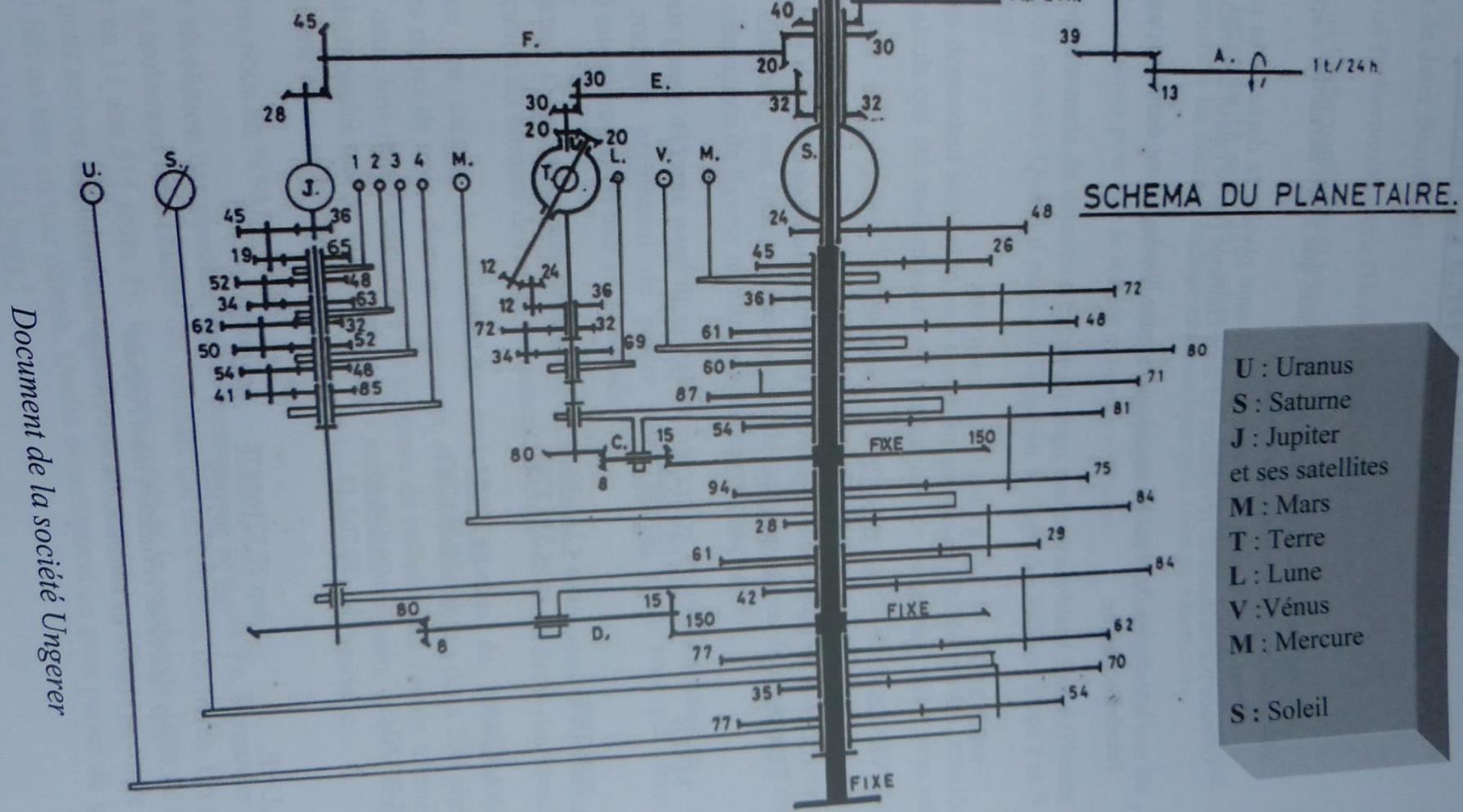
URANUS. - Elle accomplit sa révolution en 84 ans et 7 jours.

Deux planètes ne figurent pas ici : Neptune découverte en 1846, et Pluton découverte en 1930.

Tableau du système	Diamètre équatorial en km	Volume comparé à celui de la terre	Distance du soleil millions de km	Durée de révolution	Distance de la terre en millions de km	
					Max.	Min.
Mercure	4 878	1/23	58,5	88 j	221	79
Vénus	12 104	9/10	108	225 j	259	41
Terre	12 756	1	150	365 j		
Mars	6 794	2/13	228	1 an 322 j	397	55
Jupiter	142 796	1 340	778	11 ans 315 j	961	583
Saturne	120 920	800	1 432	29 ans 167 j	1 654	1 244
Uranus	55 800	59	2 883	84 ans 7 j	3 191	2 565
Neptune	48 600	72	4 516	164 ans 280 j	4 652	4 269
Pluton	2 280	1/200	5 928	248 ans 157 j	7 250	4 192
Lune	3 480	1/49			0,407	0,357

L'horloge a été restaurée par la Maison Ungerer de Strasbourg, en 1979. Trois pignons ont dû être refaits. Une autre restauration avait été faite en 1920 par la maison Terrillon, de Morez (Jura).

HORLOGE ASTRONOMIQUE DU FRÈRE BERNARDIN



Document de la société Ungerer

Remarques: Neptune absente, distances pas à l'échelle, Lune se promène pile sur l'écliptique, mais Jupiter tourne sur elle-même et a 4 satellites *****

3^{ème} partie: un peu de mécanique



Le système d'échappement de l'horloge



Ailettes de freinage



Un des cinq tambours

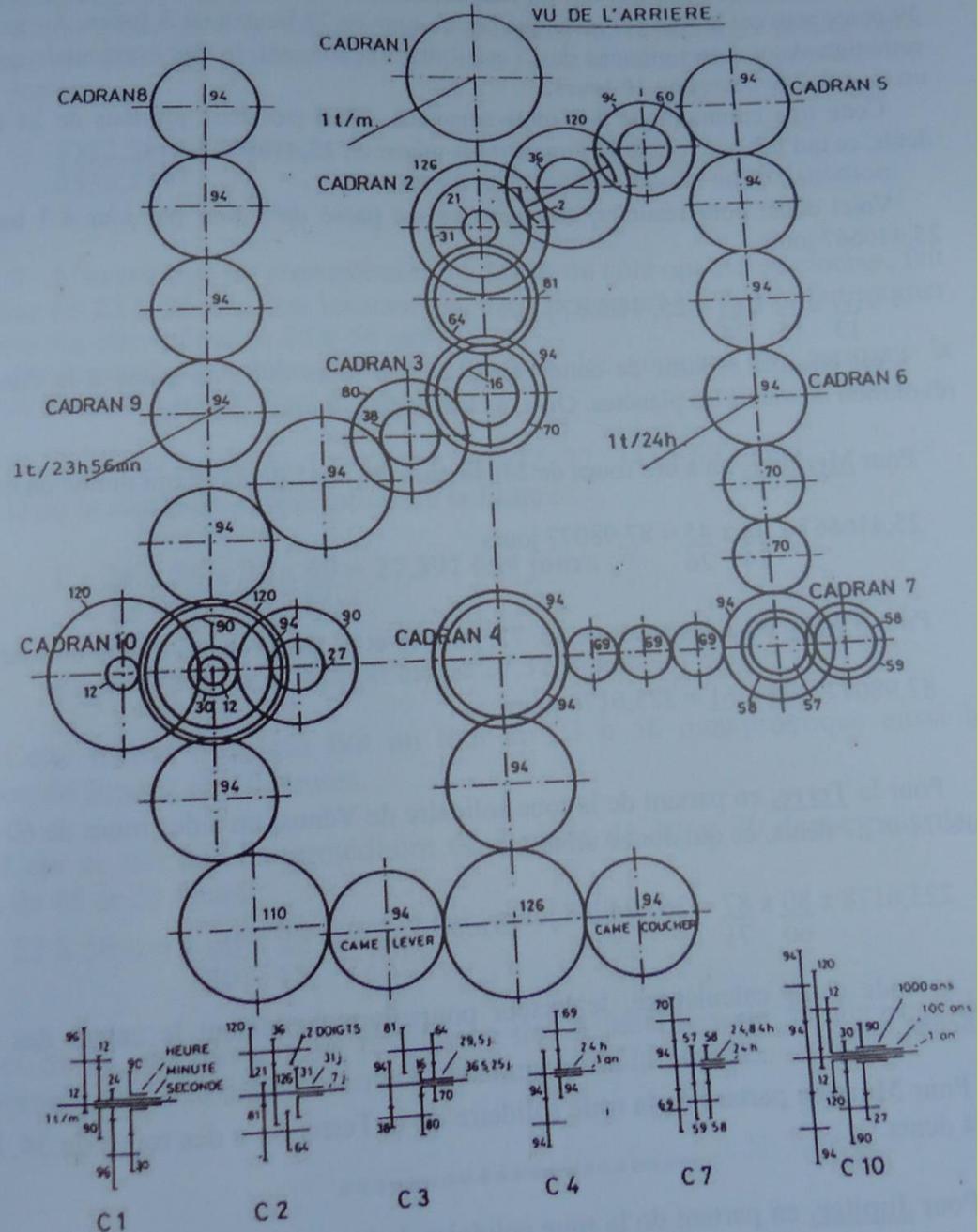


deux des cinq poids

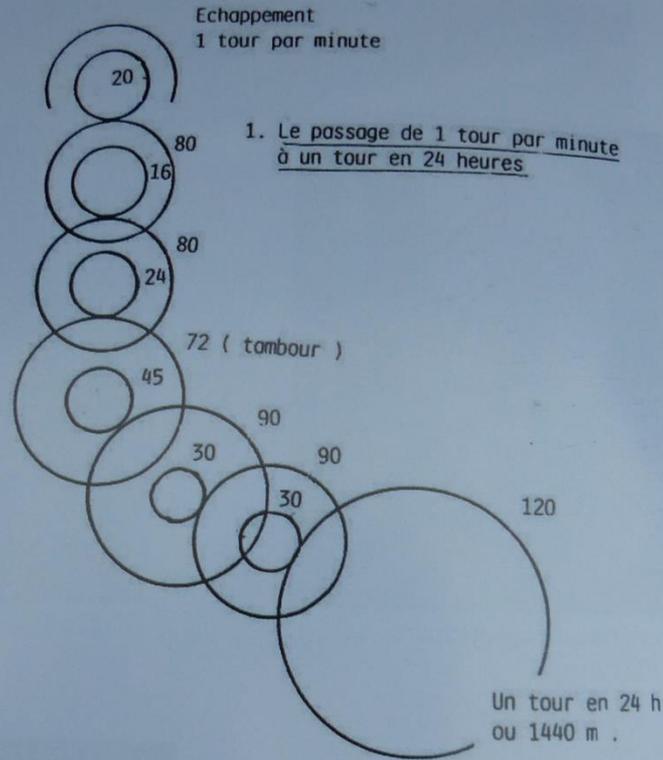
HORLOGE ASTRONOMIQUE DU FRERE BERNARDIN

SCHEMA DU ROUAGE PRINCIPAL

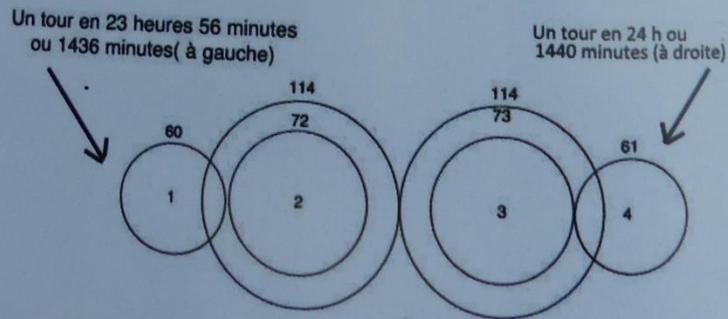
VU DE L'ARRIERE



Comment changer les vitesses de rotation?



$$20/80 \times 16/80 \times 24/72 \times 45/90 \times 30/90 \times 30/120 = \frac{1}{4} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{4} = \mathbf{1/1440 \text{ CQFD}}$$



$$1440 \times 73/61 \times 114/114 \times 60/72 = 1436,06$$

Donc 23h 56 min 04s CQFD

Schéma du frère Bernardin

Autres exemples

Cadran 2

Aiguille blanche pour les jours de la semaine donc 1 tour en 7 jours
On part d'un tour par jour puis:

$$1 \times 60/120 \times 36/126 = 1/7 \quad \text{CQFD}$$

Aiguille jaune pour la date

Avance par saccade à l'aide d'un ergot

→ Si le mois fait de moins de 31 jours la pousser à la main.....



Cadran 3

Aiguille jaune pour les lunaisons

On part de l'aiguille blanche ci-dessus (1 tour en 7 jours) puis

$$7 \times 81/21 \times 70/64 = 29,53125 \text{ jours} \\ (\text{au lieu de } 29,53059) \quad \text{CQFD}$$

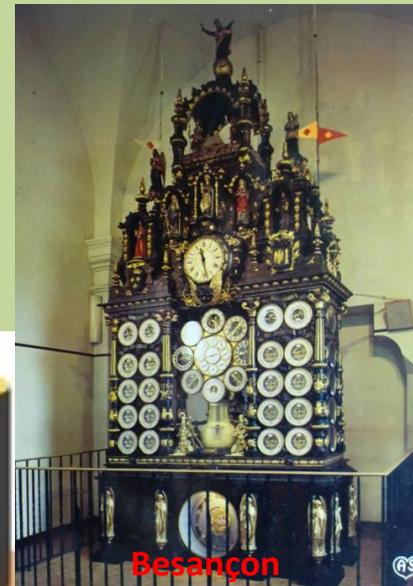
Aiguille blanche pour les dates, mois et saisons

On part de l'aiguille jaune de la Lune puis:

$$29,53125 \times 80/16 \times 94/38 = 365,25493 \text{ jours} \\ (\text{au lieu de } 365,256 \text{ } 363) \quad \text{CQFD}$$



Quoique cette horloge ait été construite par un frère, elle ne comporte aucune allusion au « comput ecclésiastique » fournissant la date de Pâques.
Elle mérite néanmoins la **4^{ème} place** parmi les horloges astronomiques françaises!



2

1

3