



Société d'Astronomie de Nantes



Société Astronomique de France



*Commission des cadrans solaires
(SAF)*



Réhabilitation de l'ensemble gnomonique du Musée Jules Verne à Nantes

Eric Mercier
Professeur au Laboratoire de Planétologie et Géodynamique
CNRS (UMR 6112) & Université de Nantes

Membre de la Commission des cadrans solaires de la SAF
et membre de la SAN.

- rapport final – Août 2021-

**« ...quand vous saurez que le cadran solaire
fut inventé par Caïn ».**

Jules Verne (1854)

"Zacharius ou L'horloger qui avait perdu son âme"



Fig. 1 : Localisation de l'ensemble gnomonique

Sur la terrasse du musée Jules Verne, à Nantes, au niveau de son extrémité Sud-Ouest (Fig. 1), on peut observer un ensemble gnomonique fortement dégradé. La Direction du Musée a souhaité réfléchir à sa restauration et a demandé à la SAN et à la SAF (Commission des Cadrans Solaires), un diagnostic, puis un projet de restauration / mise en valeur.



Fig. 2 : Etat, fin 2020, de l'ensemble gnomonique

Dans son état avant la réhabilitation, cet ensemble comprend une rose des vents, le reste très dégradé d'un cadran solaire horizontal, et un disque calendaire. Le tout est disposé sur un support métallique fixée sur la balustrade de la terrasse (Fig. 2).

I) DIAGNOSTIC

A) Eléments historiques

D'après les éléments qui m'ont été communiqué par Virginie Pottier (Chargée des collections au Musée), cet ensemble était déjà présent lors de l'achat, par la Mairie de Nantes, du bâtiment. Il est important de noter que ce bâtiment, et donc l'ensemble gnomonique, sont totalement étranger à Jules Verne et la partie nantaise de sa vie. La ressemblance entre le support métallique (Fig. 3) et les représentations du Nautilus, par exemple (Fig. 4), caractérise, éventuellement (?) une époque commune mais en aucun cas une référence explicite.



Fig. 3 : Le support métallique vue d'en dessous.



Fig. 4 : Maquette d'amateur (Bricolosolo, 2008) du Nautilus de Jules Verne.

En fait, on peut raisonnablement penser qu'un ancien propriétaire, inconnu et, comme nous le verrons, pas complètement compétent dans la science gnomonique a réalisé, à une époque indéterminée, l'ensemble pour son usage exclusif. Cette hypothèse a, en tout cas, l'avantage d'expliquer un certain nombre de caractéristiques et d'anomalies qui seront détaillées au fur et à mesure.

B) La rose des vents



Fig. 5 : La rose des vents.

La Rose des vents est illustrée à la figure 5, on constate que le méridien (direction Nord-Sud) est décalé d'environ 31° de la balustrade. Or selon différents documents cartographiques disponibles en ligne (Fig. 6 & 7) on devrait s'attendre à un chiffre proche de 41° .

L'orientation de la Rose des vents est donc fautive. Cette anomalie est fondamentale car, nous le verrons, le cadran horizontal est implanté en fonction du méridien de la Rose des vents. Une hypothèse serait que l'auteur de l'ensemble gnomonique a utilisé une boussole pour déterminer le Nord. Mais cette hypothèse ne peut pas être retenue dans la mesure où, à Nantes, depuis le début du XVIII^{ème} siècle la déclinaison magnétique est vers l'Ouest ($18^\circ 16'W$ en 1880, $16^\circ 50'W$ en 1900 par exemple). Or l'anomalie observée ne pourrait s'expliquer que si la déclinaison magnétique était vers l'Est.

Il s'agit de la première anomalie que l'on peut constater sur l'ensemble gnomonique.



Fig. 6 : Orientation, par rapport au Nord, de la façade et de la balustrade de la terrasse (photos Google.map et Geoportail)



Fig. 7 : Plan ; Extrait de France-cadastre.fr

C) Le cadran horizontal

Le second élément qui va nous intéresser correspond aux restes d'un cadran horizontal, et notamment sa table qui est en partie tordue suite à du vandalisme (Fig. 8). Nous disposons, heureusement, de photos anciennes (dossier photos de la SAN : 2008) qui permettent de reconstituer l'allure du style polaire actuellement manquant (Fig. 9).

Les caractéristiques du style polaire, peuvent être facilement recalculées. Je vais ici m'intéresser surtout au tracé de la plaque et à sa fixation sur le support, qui, nous le verrons est très particulière.



Fig. 8 :Etat actuel de l'ensemble gnomonique.



Fig. 9 : Photo de Septembre 2008 (SAN)

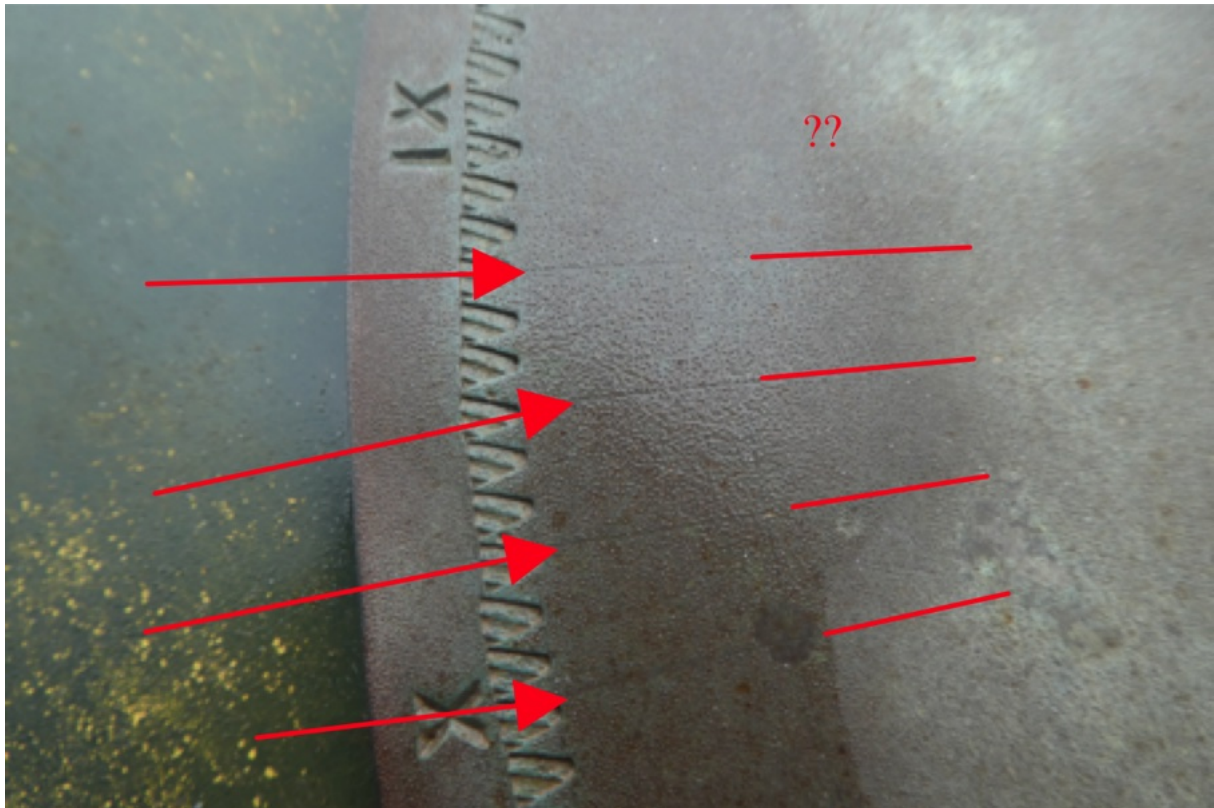


Fig.10 : Exemple de lignes horaires faiblement gravées sur la table du cadran et seulement visible dans la zone humidifiée.

La table du cadran correspond grossièrement à un demi-cercle avec en bordure (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- les chiffres des heures (en chiffres romains) sans marque ou graduation en regard,
- une frise purement décorative, et
- des lignes horaires très faiblement gravées (une ligne par $\frac{1}{4}$ heure). Ces lignes discrètes sont les seules marques qui permettent de lire l'heure (Fig. 10).

La précision du tracé de l'éventail des lignes horaires conditionne la qualité du cadran. Le tableau 1 compare les valeurs angulaires mesurées entre la ligne de midi (méridien) et les lignes horaires de l'après-midi avec les valeurs théoriques calculées pour Nantes (les lignes horaires du matin sont symétriques).

Heure (h)	mesure (°)	calcul (°)
12	0,0	0,0
13	11,1	10,6
14	23,0	22,9
15	36,3	36,4
16	51,8	52,0
17	70,0	70,5
18	90,0	90,5

*Tableau 1 : précision du tracé des lignes horaires
(heures entières de l'après-midi)*

La correspondance est remarquable. La table du cadran a été calculée et tracée de façon précise.

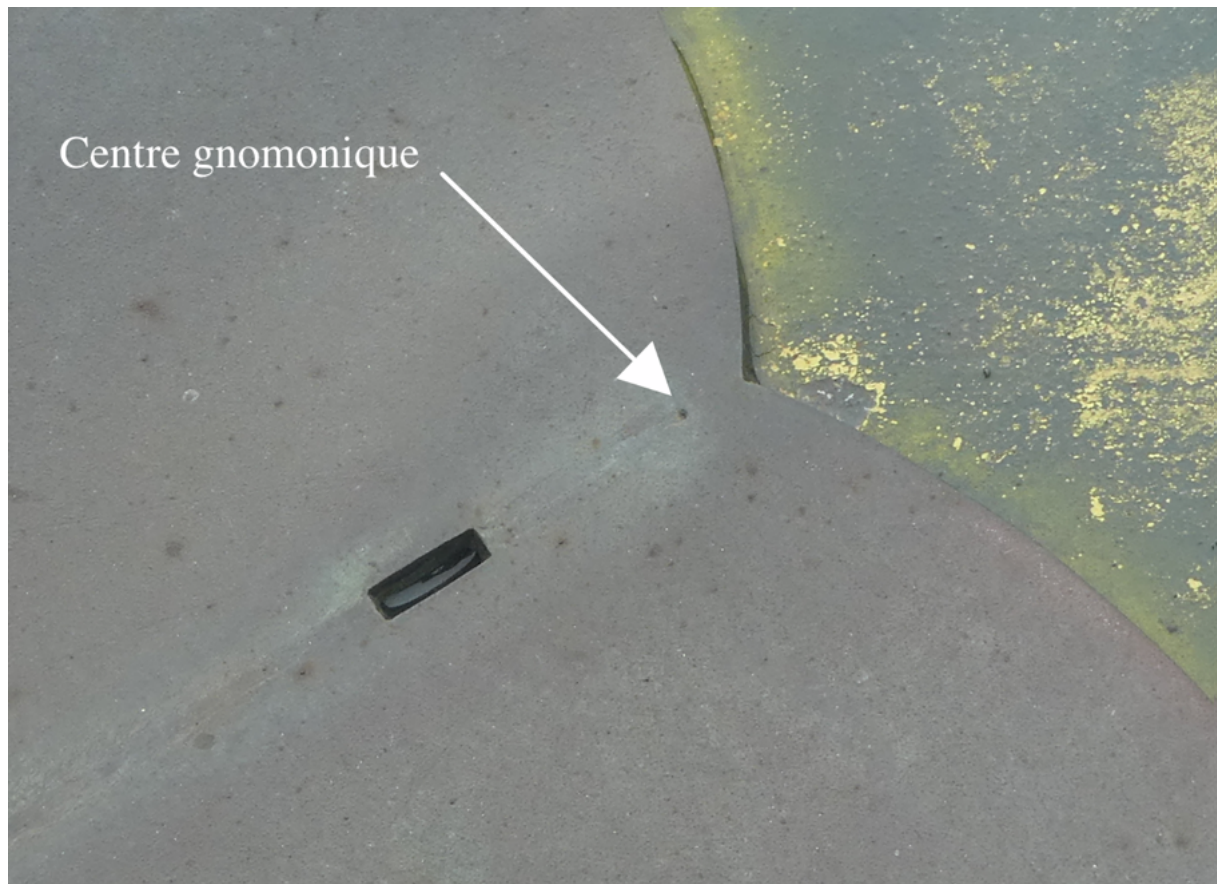


Fig .11 : Le centre gnomonique du cadran (point de convergence des lignes horaires et base du style polaire) est marqué par un petit trou sur la table.

Cette table est suspendue quelques millimètres au-dessus du support métallique par l'intermédiaire d'un axe vertical localisé précisément au centre gnomonique du cadran (Fig. 11). Le cadran peut donc tourner autour cet axe. Nous verrons, dans le paragraphe suivant, que la possibilité de ce mouvement était prévue dès la conception. Le mouvement de rotation est limité à une plage angulaire d'environ $4,5^\circ$, par un système de blocage *ad hoc* masqué dans le support.

Les deux positions extrêmes du cadran correspondent à des situations où la ligne de Midi est (1) parallèle au méridien de la Rose des vents, et (2) une position décalée vers l'Est de $4,5^\circ$ (Fig. 12).



Fig. 12 : les deux positions extrêmes du mouvement d'oscillation horizontale du cadran (à gauche la ligne de midi est parallèle au méridien de la Rose des vents, à droite elle est décalée d'environ 4,5° vers l'Ouest)

Soulignons dès à présent, mais nous y reviendrons, qu'absolument rien ne justifie, sur le plan gnomonique, une telle rotation autour du centre gnomonique du cadran !

D) Le disque calendrier

En bordure NW du support, on observe un disque de 16 cm de diamètre accompagné d'un repère fixé sur le support. Ce repère indique une direction décalée d'environ 20° du méridien fautive de la Rose des vents (Fig. 13).



Fig. 13 : Le disque et son repère.

Au centre du disque, on note une cavité d'environ 9,5 mm de diamètre, assez profonde (> 1 cm) qui ne semble pas correspondre à un usage particulier (?).

Les mois du calendrier civil sont inscrits, dans le sens horaire, en bordure du disque (Fig. 14). Un faisceau de lignes concentriques est conçu pour indiquer les numéros des jours (une ligne tous les 10 jours, chaque ligne marquant le début d'une décade : 1, 11, 21 etc...). Dans le détail, une certaine imprécision est décelable ; ainsi, par exemple : le 1^{er} Juin tombe en face du 151 (au lieu de 152), le 1^{er} Septembre en face du 242 (au lieu de 244) et le 1^{er} Décembre en face du 333 (au lieu de 335).

La rotation du disque est contrainte par un système à bille (*cf. infra*, Fig. 16) qui, en pratique, ne permet une rotation que par incrément de 10° .



Fig. 14 : Le calendrier civil et les marques de décades.

Fig. 15 : Le 21 Mars (début du calendrier du Zodiaque) correspond à un des incréments de rotation du disque.

Sous la plaque horizontale du support, et donc en situation cachée, il existe un mécanisme qui lie la rotation du calendrier avec l'oscillation horizontale de $4,5^\circ$ du cadran. On constate en effet que la rotation du disque entraîne la rotation d'un excentrique qui, lui-même, actionne une bielle qui déplace un ergot solidaire du cadran ce qui provoque sa rotation horizontale. Le contact permanent de l'excentrique avec la bielle était assuré par un ressort qui avait déjà disparu au début de cette étude (Fig. 16).

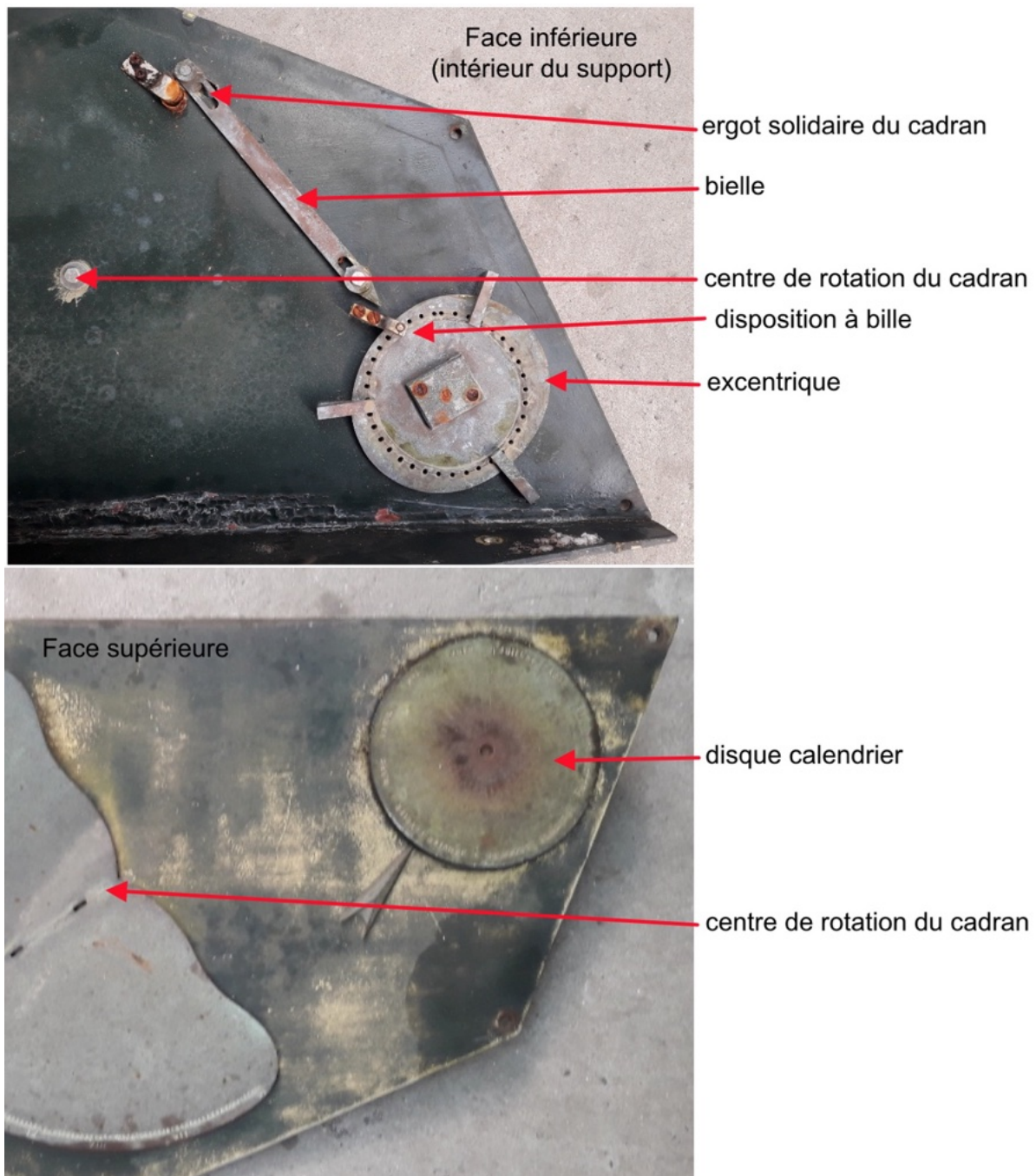


Fig. 16 : Les faces supérieure et inférieure de l'ensemble calendrier-cadran, et détail du dispositif qui lie la rotation du premier avec l'oscillation horizontale du second.

Il apparaît comme certain que cet étrange dispositif ait été conçu dans la volonté de corriger automatiquement la lecture de l'heure solaire par l'équation du temps. Mais, le principe simpliste mis en œuvre (rotation de l'ensemble table du cadran / style polaire) ne peut pas répondre à l'objectif fixé. Le procédé est fautif.

Par ailleurs, dans la mesure où on peut parler d'« imprécisions » dans un dispositif fautif, il faut noter quelques anomalies dans la réalisation :

- la rotation de $4,5^\circ$ ne modifie l'heure lue, vers midi, que de 24 minutes au lieu de 30 minutes 40 secondes attendues.
- la rotation se fait d'un seul côté de la ligne méridienne (voir figure 12) et non de façon symétrique comme on pourrait s'y attendre.

E) Conclusion du diagnostic.

A l'issue de cette analyse, on a le sentiment que l'ensemble gnomonique est l'œuvre d'un amateur enthousiaste qui a su appliquer les calculs de base pour tracer précisément la table du cadran horizontal (calcul disponible dans des manuels imprimés depuis plusieurs siècles), mais qui s'est trompé dans la détermination du méridien et dont les innovations (on pourrait dire « *de bon sens* ») manquent totalement de rigueur scientifique.

Cet amateur demeure inconnu ainsi que la date de sa réalisation. Par ailleurs, nous avons vu que rien ne relie historiquement ce mystérieux amateur, le bâtiment, et l'ensemble gnomonique, à Jules Verne.

En termes de réhabilitation ; les points suivants sont à souligner :

- la rose des vents était mal orientée (erreur évaluée à environ 10°)
- c'est également le cas du cadran
- le cadran est muni d'un dispositif permettant sa rotation sur $4,5^\circ$ qui n'a pas lieu d'exister.
- la table du cadran est actuellement tordu, et le style est absent.
- les lignes horaires, sont très correctement tracées mais très difficilement visibles.
- le disque calendrier est conçu pour une fonction qui n'a pas lieu d'être (rotation du cadran).

Suite à ce diagnostic les responsables du Musée, en la personne de Mme Virginie Pottier, m'ont demandé (le 3 Février) de proposer un projet de réhabilitation. Ce terme semble plus exact que « restauration » dans la mesure où, comme nous le verrons, il s'agit d'un projet visant à utiliser les éléments encore en place pour construire un ensemble fonctionnel et le plus correct possible sur le plan scientifique ; et non de restaurer qui supposerait une remise dans l'état d'origine, scientifiquement faux.

II LE PROJET DE REHABILITATION

En fonction de ce qui précède, après discussions et en accord avec les responsables du Musée, il est apparu qu'il était souhaitable :

- de faire en sorte que l'ensemble gnomonique soit utilisable et scientifiquement correct,
- de maintenir en place le maximum d'éléments existants.

En pratique il s'agira de :

- déterminer précisément le méridien local (Fig. 17)



Fig. 17 : Dispositif qui m'a permis de déterminer précisément l'orientation du méridien local par rapport au mur support : sur une surface horizontale, on marque l'ombre d'un fil à plomb à midi solaire vrai. La différence avec l'orientation inscrite dans la rose des vents est exactement de $10,0^\circ$. Le fait que

ce chiffre soit un chiffre rond suggère fortement qu'à la création de l'ensemble gnomonique, une simple erreur de calcul ou de report a été commise.

- réorienter la rose des vents
- restaurer la table du cadran et la fixer orientée correctement selon le méridien après avoir re-graver les lignes horaires
- réimplanter un style polaire à créer (Fig. 18)

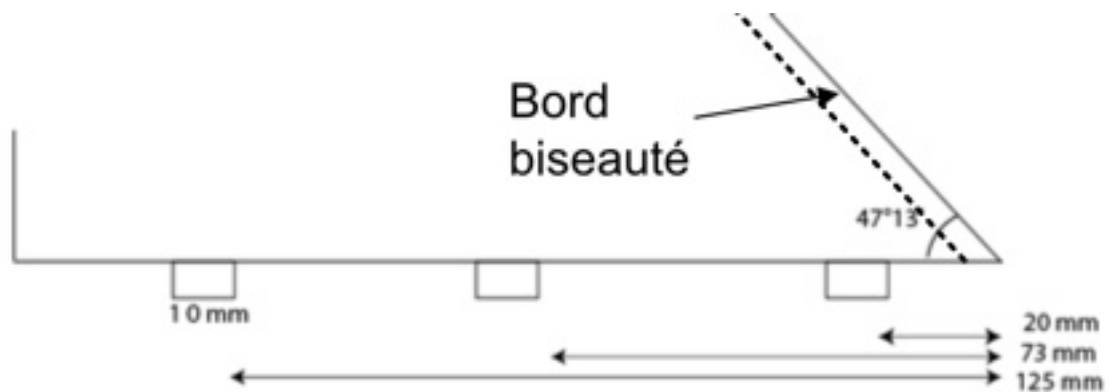


Fig. 18 : Schéma technique du style à réaliser et planter. Comme les indications horaires de la table sont continues, il convient que le bord incliné du style soit le plus fin possible (assimilable à un fil).

- adapter le disque calendrier de façon à ce qu'il indique « *simplement* » la valeur de l'équation du temps. L'idée étant d'ajouter solidairement au disque calendrier, un second disque qui permet de lire, en regard de la date du jour, la valeur de l'équation du temps (Fig. 19).

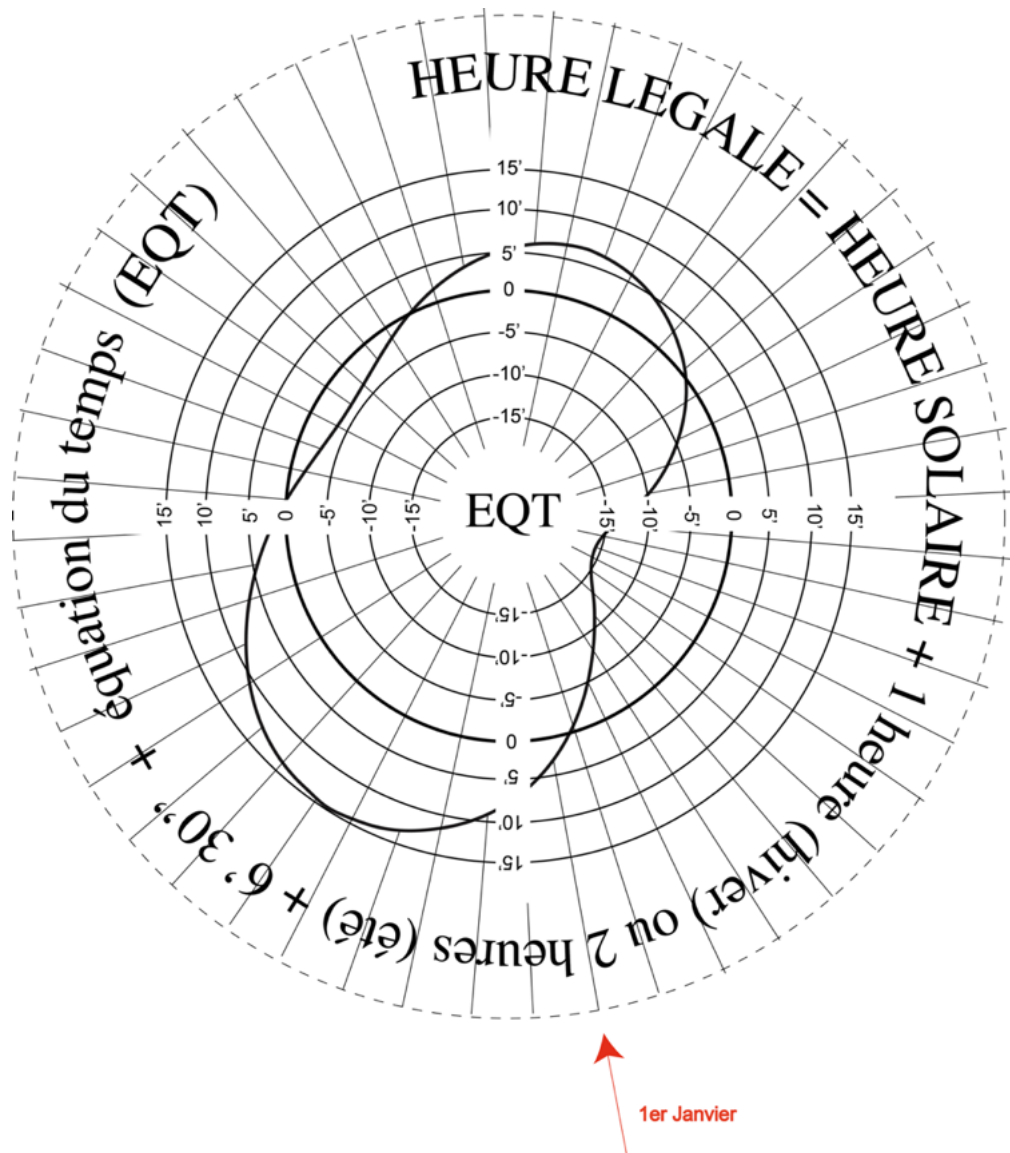


Fig. 19 : Projet de disque à fixer au centre du disque calendrier. L'indication provisoire en rouge a pour but de faire correspondre, lors de la pose, les indications du calendrier existant avec celles de la courbe d'équation du temps.

-concevoir un support pédagogique de façon à ce que les visiteurs du Musée puissent lire l'heure légale avec le cadran.

III LA REHABILITATION

La réalisation pratique des travaux suggérés précédemment a été pilotée par Monsieur Didier Potiron du pôle technique de Nantes-Métropole.

Les figures 20 et 21 illustrent l'ensemble gnomonique dans son état actuel (été 2021) réhabilité et on trouvera en annexe le texte d'explication accessible sur le Web grâce un QR code affiché à proximité immédiate du cadran.





Fig. 20 et 21 : L'ensemble gnomonique réhabilité. On notera que le style n'est pas aussi biseauté que souhaitable, mais il a évidemment été tenu compte, par les services techniques, de considérations non scientifiques, notamment dans le domaine de la sécurité des visiteurs.

ANNEXE :

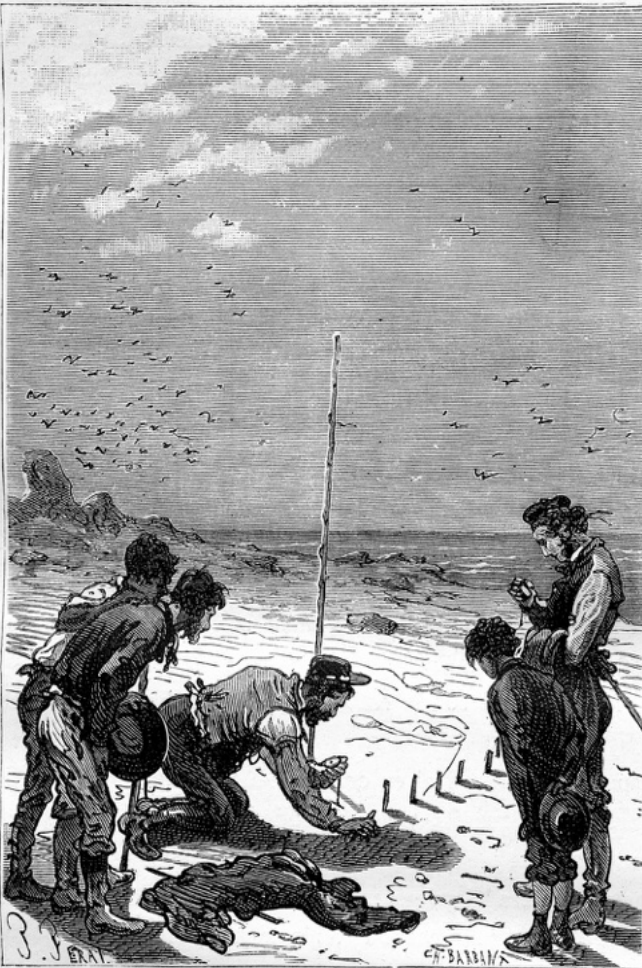
**Fiche d'explication téléchargeable sur un smartphone
à partir d'un QR code affiché sur le site**

mise en page et adaptation finale par Mme Virginie Pottier, Chargée des
collections au Musée Jules Verne de Nantes, d'après un texte de EM.

Ensemble astronomique du musée Jules Verne composé d'une rose des vents, d'un cadran solaire muni d'un style et d'une volvelle

« En effet, le moment où cette ombre atteindrait son minimum de longueur serait le midi précis, et il suffirait de suivre l'extrémité de cette ombre, afin de reconnaître l'instant où, après avoir successivement diminué, elle recommencerait à s'allonger. En inclinant sa baguette du côté opposé au soleil, Cyrus Smith rendait l'ombre plus longue, et, par conséquent, ses modifications seraient plus faciles à constater. En effet, plus l'aiguille d'un cadran est grande, plus on peut suivre aisément le déplacement de sa pointe. L'ombre de la baguette n'était pas autre chose que l'aiguille d'un cadran. »

Jules Verne, *L'Île mystérieuse*, 1874



Cependant le soleil s'avavançait lentement. (Page 132.)

Décryptage de lecture du cadran solaire

Jules Verne, *L'Île mystérieuse*, 1874
Illustration de Jules Férat

Pourquoi l'heure légale, l'heure de la montre, ne se lit pas sur le cadran solaire ? Pourquoi le passage de l'une à l'autre est-il si compliqué ?

Pour répondre à ces questions il faut commencer par définir précisément le type d'heure lue sur le cadran solaire. Cette heure, dite **heure solaire**, est qualifiée par les astronomes de **Temps Vrai** par opposition au **Temps Moyen** qui est utilisé comme base à la définition de l'heure légale (heure de la montre).

Qu'est-ce que le Temps Vrai ?

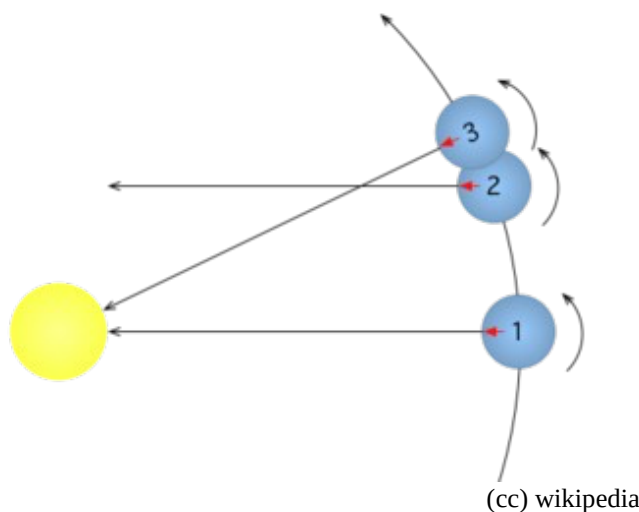
Le **Temps Vrai** est défini par le passage du Soleil à travers le méridien local. Ce méridien correspond au grand cercle imaginaire tracé sur le globe terrestre, ou sur la sphère céleste, qui passe par les pôles et par le zénith du lieu ; plus simplement le plan Nord Sud vertical qui passe par le lieu envisagé. Entre deux de ces passages il s'écoule, par définition, 24h de **Temps Vrai**.

Mais ce n'est pas ce temps qui est utilisé dans la vie de tous les jours, et notamment celui qui est indiqué par notre montre. Pour passer de l'un à l'autre il faut réaliser les trois corrections suivantes :

1 – La correction de l'équation du temps (EQT)

La durée de la rotation de la Terre sur elle-même (360°) est constante : environ 23 heures et 56 minutes (*étapes 1 et 2 de la figure suivante*).

Inversement, le **jour solaire**, c'est à dire le temps qui s'écoule entre le moment où le Soleil passe par notre méridien local (**midi solaire**) et le moment où le Soleil sera à nouveau en face de ce point le lendemain (*étape 3 de la figure suivante*), est un peu plus long. En effet, la Terre ayant avancé sur son orbite pendant qu'elle faisait un tour sur elle-même, elle devra encore tourner sur elle-même d'environ 1° , ce qui nécessite 4 minutes supplémentaires pour que le point considéré soit à nouveau face au Soleil. Nous arrivons donc aux 24 heures attendues !



Mais l'orbite de la Terre n'est pas un cercle parfait, et dans le détail les variations constatées concernent :

- > la distance parcourue par la Terre sur son orbite en une journée
- > la distance de la Terre au Soleil
- > l'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport à sa trajectoire

Le temps additionnel évoqué plus haut, ne correspond donc pas toujours exactement à 4 minutes. Il varie au cours de l'année et oscille entre 3min 30s et 4min 30s environ et entraîne les variations de la durée du **jour solaire** qui en s'accumulant jour après jour, créent les décalages entre le **Temps Vrai** et le **Temps Moyen**. Ce décalage cumulé atteint des maxima de +/- 15 minutes et est nommé l'**équation du temps** (EQT).

Cette **équation du temps** doit être ajoutée ou retranchée au **Temps Vrai** (solaire) pour obtenir la valeur moyenne : le **Temps Moyen**. Sa valeur est donnée par décade (10 jours) sur le cadran du musée Jules Verne, en face de la flèche quand elle est réglée à la bonne date, sur la volvelle (molette) à droite du cadran.



2 – La correction de longitude et les fuseaux horaires

Le cadran solaire donne l'heure solaire à notre porte. Mais dans une localité un peu plus à l'Est ou un peu plus à l'Ouest, le passage du Soleil au méridien ne se fait pas exactement au même moment. Avant la période moderne, cela n'était évidemment pas grave... Actuellement, il est indispensable que l'heure soit la même pour tous, à minima à l'intérieur d'un même pays (cf : heure de train...).

Au début du 20^{ème} siècle, les différents pays se sont accordés pour diviser la Terre en 24 fuseaux horaires, à l'intérieur desquels il convenait d'utiliser l'heure du méridien central. Nantes est située dans le fuseau "UTC", mais un peu à l'Ouest du méridien central. Il est donc midi un peu plus tard qu'au centre du fuseau : il faut ajouter à l'heure lue sur le cadran une correction d'environ 6 minutes et 30 secondes pour avoir l'heure du fuseau.



3 – La correction administrative

Pour diverses raisons historiques, la France a choisi non pas d'utiliser son propre fuseau, mais des fuseaux situés plus à l'Est (décalage d'un fuseau en hiver et de deux fuseaux en été). Cette correction "administrative" correspond donc à l'ajout de 1 ou 2 heures à l'heure mesurée sur le cadran.

“Est-il naturel qu'un petit instrument de cuivre puisse marcher tout seul et marquer les heures ? On aurait dû s'en tenir au cadran solaire !”

Jules Verne, *Zacharius ou L'horloger qui avait perdu son âme*, 1854



Jules Verne, *Zacharius ou L'horloger qui avait perdu son âme*
Illustration de Théophile Schuler

Comment calculer l'heure légale (l'heure de la montre) ?

Pour trouver l'heure de la montre à partir d'une lecture de l'**heure solaire** il faut donc réaliser les calculs suivants (l'ordre est indifférent) :

$$\begin{aligned} \text{HEURE LEGALE} = \\ \text{HEURE SOLAIRE} + 1 \text{ heure (en hiver) ou } 2 \text{ heures (en été)} \\ + 6,30 \text{ minutes} + \text{équation du temps (EQT)} \end{aligned}$$