



La méridienne de Villers-sur-Mer

Denis Savoie

En avril 2011 s'est ouvert au sud de Deauville, à Villers-sur-mer, le Paléospace¹, un musée qui comprend notamment 300 m² d'exposition permanente consacrée à la paléontologie (falaise des Vaches noires), au marais de Villers-Blonville et au méridien de Greenwich.



Il se trouve en effet que la première ville française que coupe le méridien international est Villers-sur-Mer ; il fut donc décidé de consacrer au musée une salle dédiée à l'histoire de la mesure des longitudes sur Terre². Pour animer et embellir cette salle d'astronomie de façon originale, l'idée de créer une méridienne intérieure suscita un vif intérêt.

Il ne s'est pas construit une telle méridienne en France depuis le XVIII^e siècle ; c'est donc l'occasion de détailler sa réalisation et montrer en quoi elle est innovante.

Les travaux de construction du bâtiment, lequel est orienté Nord-Sud, débutèrent à l'automne 2009. Mais c'est bien en amont qu'il fallut réfléchir à l'agencement de la salle méridienne, à la position de l'œilleton, à son diamètre et surtout comment tracer avec une grande précision à l'intérieur de la salle, fermée par un toit, le méridien du lieu.

Le plus facile fut de déterminer les coordonnées géographiques du lieu :

latitude = 49° 19' 41''

longitude = 0° 0' 47,85'' E = - 0 m 3 s

Le Paléospace n'est donc pas exactement situé sur le méridien international de Greenwich puisqu'il s'en faut de 3 secondes de longitude Est, ce qui représente sur le terrain environ 962,6 m.

1 – L'œilleton et la tache de lumière

Un point très important dans une méridienne intérieure – et qui a posé bien des problèmes dès le XVI^e siècle – est celui du diamètre de l'œilleton³. Profitons-en pour le rappeler encore une fois : la « règle » de Cassini, qui consiste à choisir un œilleton dont le diamètre est égal au millième de la hauteur de l'œilleton au-dessus du sol, n'est pas bonne. Cela donne une tache de lumière assez petite, et surtout trop peu lumineuse. Il faut au

¹ <http://www.paleospace-villers.fr/>

² Le contenu scientifique de cette salle a été réalisé par Daniel Gambis (*Service International de Rotation de la Terre*, Observatoire de Paris) et Denis Savoie (SYRTE).

³ Sur ce problème comme sur tous ceux posés par les méridiennes et leur histoire, voir l'excellent ouvrage de J. L. Heilbron, *Astronomie et églises*, éd. Belin, Paris, 2003. Le recensement mondial des méridiennes se trouve dans l'ouvrage de A. Gotteland, *Les méridiennes du monde et leur histoire*, 2 vol., éd. Le Manuscrit, Paris, 2008.

contraire choisir un œilleton assez large, qui laisse passer suffisamment les rayons solaires. Jérôme de Lalande⁴, dans son *Encyclopédie méthodique*, justifiait déjà par des arguments parfaitement clairs l'inadéquation de cette « règle » : « M. Cassini jugea que le diamètre du trou devait être en général la millième partie de la hauteur du gnomon ; mais je crois qu'il est souvent utile de le rendre plus grand, pour avoir plus de lumière ; l'inconvénient qui en résulte par l'augmentation de l'image, n'est pas considérable ; en augmentant le trou du gnomon d'une méridienne de 3 lignes, on n'ajoute que 3 lignes au diamètre de l'image, quelque grande qu'elle soit, et à quelle distance qu'elle soit du trou, et cependant on peut augmenter beaucoup la lumière ».

Plusieurs cas de figures peuvent se présenter : sur une méridienne au sol, l'œilleton peut être horizontal dans le toit (cas de Villers-sur-Mer), ou vertical sur un mur (cas de la méridienne de l'église Saint-Sulpice à Paris, de la méridienne de Tonnerre dans l'Yonne et de la méridienne de l'observatoire de Paris). Dans tous ces cas, la tache de lumière est elliptique, et ceci d'autant plus que la tache est éloignée de l'œilleton. Le cas très défavorable étant les alentours du solstice d'hiver pour une méridienne horizontale avec un œilleton horizontal, on peut remédier à cette très forte déformation de la tache solaire en arrêtant la méridienne au sol et en la prolongeant sur un mur, cas de Saint-Sulpice à Paris et de Villers-sur-Mer.

Au voisinage du solstice d'été, par contre, la tache est relativement circulaire. A Villers-sur-Mer (fig. 1), le diamètre de l'œilleton a été fixé à 1,5 cm (dans une plaque de métal de 0,1 cm d'épaisseur), le sol étant à 406,6 cm de la verticale de l'œilleton (la « règle » de Cassini aurait donné un diamètre de 0,41 cm).

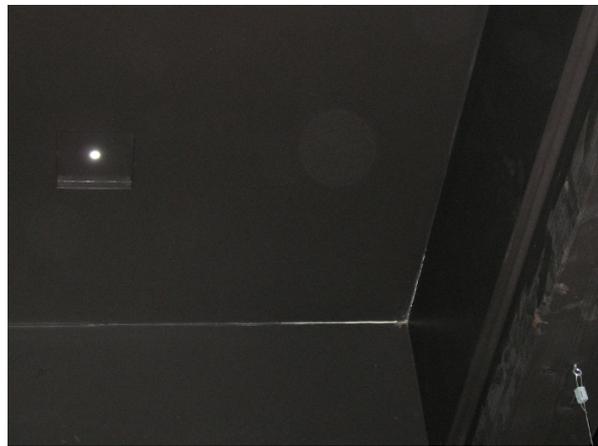


Figure 1 : Œilleton de 1,5 cm de diamètre percé dans une plaquette métallique placée sur le toit du Paléospace (photo D. Savoie)

Il n'en reste pas moins qu'en prenant un diamètre suffisant d'œilleton, on reste confronté au problème de la lecture du midi vrai : apprécier l'instant (donc à la seconde

près) où le milieu de la tache solaire coupe la méridienne relève de la gageure. C'est pour cela que les astronomes qui effectuaient des mesures (en général de hauteur du Soleil) avec une méridienne notaient l'instant où le premier bord de la tache touchait la ligne, puis l'instant où le deuxième bord cessait de toucher la ligne, la moyenne des deux instants donnant de passage

⁴ Jérôme de Lalande, *Encyclopédie méthodique*, op. cit., p. 384. Sur le calcul des dimensions d'une tache solaire elliptique issue d'un œilleton, voir D. Savoie, « Œilleton et tache de lumière », *CadranInfo* n° 24, octobre 2011, p. 49-57. Dans cet article, on montre notamment l'écart entre une tache solaire issue d'un œilleton « cassinien » et un œilleton mesurant le double du diamètre. Dans le même numéro 24 de *CadranInfo*, trois articles complètent celui cité *supra* et constituent les plus sérieuses études sur le problème des œilletons : M. Goutaudier, « Œilleton et tache de lumière », p. 58-67 ; et G. Baillet, « Œilleton, ombre, pénombre », p. 72-87 et « Œilleton et familles de courbes », p. 88-101.

On consultera avec intérêt l'article de G. Ferrari, « L'image du soleil dans les cadrans solaires à chambre obscure », *CadranInfo* n° 21, mai 2010, p. 55-65, qui s'intéresse particulièrement à la luminosité de la tache solaire dans les grandes méridiennes italiennes. Sur la méridienne de Cassini à Bologne, voir G. Paltrinieri, *La meridiana della Basilica di San Petronio in Bologna*, Bologne, 2001.

du centre de la tache.

A Villers-sur-Mer, on a imaginé un nouveau système de lecture : la ligne méridienne est bordée, de chaque côté, d'une courbe très peu évasée et qui correspond à l'enveloppe de la tache de lumière en fonction de la date. De la sorte on lit midi solaire lorsque la tache est exactement comprise entre les deux enveloppes (fig. 2). Le calcul d'une telle enveloppe nécessite de savoir calculer les dimensions de la tache solaire à midi solaire – ce qui ne présente aucune difficulté –, puis de faire varier la hauteur du Soleil en fonction de la date en ne s'intéressant qu'à la variation du demi petit axe de l'ellipse. Bien entendu, un calcul rigoureux⁵ doit intégrer en plus de la réfraction, la variation du diamètre solaire, lequel passe de 0° 32' 30'' début janvier à 0° 31' 28'' début juillet.

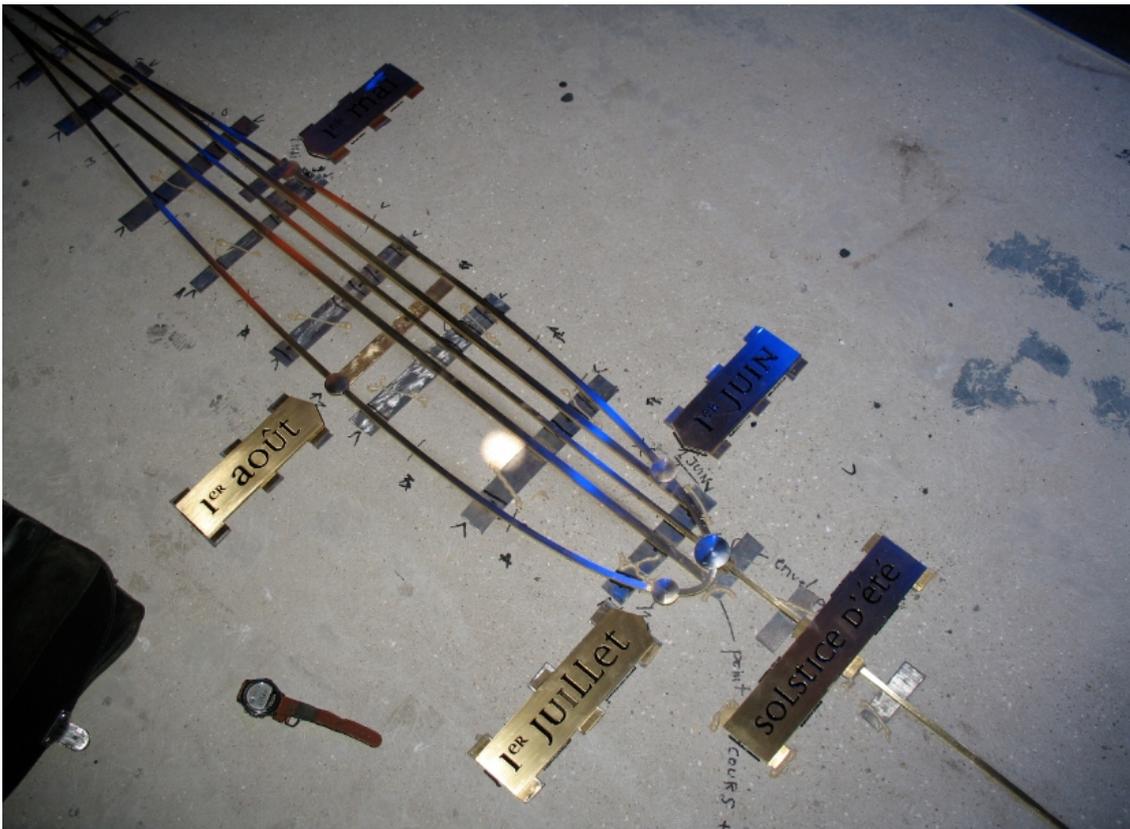


Figure 2 : Structure en laiton posée au sol pendant la phase de test. On voit nettement la tache de lumière circulaire qui s'apprête à tangenter le bord occidental de l'enveloppe, la ligne méridienne proprement dite étant la droite que l'on voit à droite (photo D. Savoie)

A Villers-sur-Mer, la largeur de la tache au solstice d'été varie de 5,6 cm (c'est le petit axe de l'ellipse orienté Est-Ouest, le grand axe, qui mesure 6,1 cm, est orienté Nord-Sud) à 11,6 cm lorsqu'elle arrive au pied du mur à la mi-novembre et à la fin janvier (le grand axe mesure alors 28 cm) (fig. 3). Sur le mur (situé à 997,5 cm de l'ocillon) qui prolonge la méridienne verticalement, la largeur de la tache est relativement circulaire au solstice d'hiver puisque sa largeur est de 11,4 cm, le grand axe mesurant 12,3 cm.

⁵ Il a été tenu compte de la réfraction dans tous les calculs. Au solstice d'hiver par exemple, la hauteur géométrique du Soleil à midi vrai est de 17° 14' 19'' et de 17° 17' 31'' si l'on tient compte de la réfraction. Cela altère donc la position de la tache solaire de façon non négligeable.

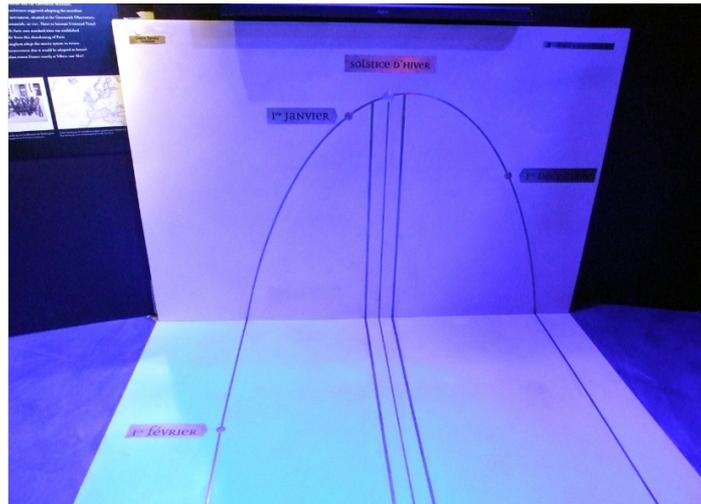


Figure 3 : Détail de la partie verticale de la méridienne. La tache de lumière y est située une partie des mois de décembre et janvier (photo E. Tricot)

2 – Tracé de la méridienne intérieure

Les grandes méridiennes historiques, principalement en France et en Italie, ont été tracées en utilisant la position de la tache de lumière (projetée par un œilleton), essentiellement aux solstices, c'est-à-dire à des périodes de l'année où la déclinaison du Soleil ne varie pratiquement pas. Cette solution n'est cependant pas sans inconvénient ; c'est au solstice d'été, à midi solaire, que l'azimut du Soleil varie le plus vite, de sorte que le déplacement au sol de la tache de lumière est relativement rapide. Il faut donc être très vigilant pour matérialiser l'instant même du passage au méridien. Au solstice d'hiver par contre, l'azimut varie beaucoup plus lentement ; mais on peut être confronté à cette période de l'année au problème de la très faible luminosité de la tache, d'autant plus que la luminosité ambiante, comme à l'église Santa degli Angeli de Rome, rend très difficile la locali-



Figure 4 : La tache de lumière est très difficile à observer vers le solstice d'hiver sur la célèbre méridienne de l'église Santa Degli Angeli à Rome (photo D. Savoie)

sation précise de la tache et ses contours (fig. 4). Il va de soi qu'une méridienne tracée dans un bâtiment doit, autant que faire se peut, être située dans une ambiance très sombre, sur un sol plutôt clair.

C'est le cas à Villers-sur-Mer où tous ces éléments ont été pris en compte bien en amont, de sorte que la lisibilité de la tache lumineuse y est excellente.

Jérôme de Lalande, qui a fait de nombreuses mesures astronomiques avec la méridienne de Saint-Sulpice à Paris, explique dans son *Encyclopédie méthodique*⁶, comment on procède pour tracer une telle ligne :

« Mais la seule méthode exacte et rigoureuse qu'il y ait pour tracer une méridienne est la méthode des hauteurs correspondantes. On détermine par ces hauteurs le moment du midi vrai sur une bonne pendule, on marque la place de l'ombre ou de l'image du soleil au moment où la pendule marque l'heure, la minute et la seconde trouvées ; on tire par cette place, et par le pied du style, une ligne qui est la véritable méridienne. On ne sait pas au moment du midi quel est l'instant où il faut marquer l'ombre, mais on marque plusieurs points à différentes minutes. Et le soir, après les hauteurs correspondantes, on sait quel est le point où tombait le véritable midi ».

A Villers-sur-Mer, il n'était pas question d'attendre les solstices pour tracer la méridienne, d'autant que la météorologie du ciel normand pouvait renvoyer à des années cette réalisation... Il fut donc décidé d'utiliser un moyen moderne rapide et très fiable pour matérialiser le méridien dans le bâtiment : un gyroscope à laser. Cet instrument, que les tunneliers appellent le « chercheur de Nord » – ici le *Gyromat 2000* –, permet de s'orienter sans référence extérieure et de matérialiser le Nord géographique directement, avec une précision instrumentale de 2,6''.

Le voisinage du méridien international de Greenwich imposait, il va sans dire, de compléter la méridienne par une courbe en huit indiquant le midi Temps Universel (12 h TU), c'est-à-dire le temps moyen de Greenwich augmenté de 12 heures. L'angle horaire du Soleil à cet instant⁷ vaut donc à Villers-sur-Mer ($-E + 3$ secondes), E étant l'équation du temps calculée à midi TU pour 2020. Le décalage en longitude étant très faible, la courbe enserme harmo-



Figure 5 : Vue de la méridienne terminée (photo E. Tricot)

nieusement la ligne méridienne (fig. 5). Le nœud de la courbe est atteint vers le 13 avril et le 30 août. On a ajouté des plots qui indiquent le début de chaque mois, auxquels on a adjoint des plots sur la ligne de temps vrai indiquant les solstices et les équinoxes (pour ces derniers, on a matérialisé la tache). La méridienne de Villers-sur-Mer se rapproche beaucoup de celle tracée en 1785-1786 à Tonnerre par A. de Guémadeuc, J. –B. Daret et Dom C. Férouillat, dans la salle de l'ancien hôpital Marguerite de Bourgogne, ornée elle aussi d'une courbe de

⁶ Jérôme de Lalande, *Encyclopédie méthodique*, t. 2, Paris, 1785, p. 381.

⁷ Sur le calcul d'une telle courbe, voir D. Savoie, *La Gnomonique*, Les Belles Lettres, Paris, 2007, chap. XVIII et p. 61 pour les valeurs de la réfraction (constantes prises à 10° C, 1010 millibars). Pour tenir compte de la réfraction dans le calcul d'une courbe en coordonnées rectangulaires, il y a lieu de modifier les formules afin de travailler directement avec l'azimut et la hauteur du Soleil.

temps moyen⁸.

3 – Travaux et vérification



Figure 6 : Tracé au sol des points à l'aide du tachéomètre (photo J.-P. Bodin)

Les travaux ont commencé au début de l'année 2011 par la réalisation d'un sol en béton parfaitement plan, la fixation de l'œilleton et l'installation d'une plaque verticale perpendiculaire au méridien. Une fois la verticale de l'œilleton matérialisée sur ce sol, on a ensuite tracé la méridienne puis reporté l'ensemble des points, mais de façon temporaire⁹ (fig. 6). Car sur ce sol en béton a été coulé sur une partie de la salle une résine noire ; on a laissé un espace au centre de la salle pour couler une résine claire (l'écart entre béton et sol en résine est de 0,7 cm).

Les problèmes qui se posaient aux XVII^e et XVIII^e siècles pour la réalisation des méridiennes intérieures ne sont plus les mêmes aujourd'hui ; certains sont infiniment plus faciles à résoudre, d'autres soulèvent des difficultés à première vue insurmontables. Par exemple le nivellement du sol (comme sa solidité) ou encore la mesure précise de la distance de la hauteur de l'œilleton s'obtiennent avec une haute précision en utilisant des instruments à laser.

Le problème le plus complexe à Villers-sur-Mer Fig. 6a été la protection, sur le toit, de l'œilleton ; celui-ci est surmonté d'une fenêtre en plexiglas bombé¹⁰, ce qui est loin d'être idéal. Les contraintes liées à l'architecture, aux normes de sécurité, etc, en font un compromis, temporairement acceptable.

La société Cornille Havard, de Villedieu-les-Poêles, bien connue par sa fabrication de cloches, a ensuite implanté sur le sol en béton ainsi que sur le mur la structure en laiton (ligne, enveloppes, courbe en huit, plots, indications).

⁸ Sur cette superbe méridienne horizontale qui mesure près de 18 m, voir A. Gotteland, B. Tailliez, G. Camus, *La méridienne de l'hôpital de Tonnerre*, éd. A l'image de l'Abeille, 1994.

⁹ Les travaux de topographie ont été effectués par le géomètre topographe Jean-Philippe Bodin.

¹⁰ Le plexiglas peut provoquer, en plus du fait qu'il n'est pas plan, une déviation des rayons solaires, qui traversent une couche, certes mince, mais possédant un indice de réfraction. Ajoutons à cela que l'œilleton est porté par un système temporaire qui sera prochainement changé.

D'avril à mai a commencé l'inévitable et toujours « angoissante » période de test de la méridienne (fig. 7) : il faut s'assurer que la tache de lumière coupe à la seconde près la ligne méridienne, que ses dimensions concordent avec les calculs et que cette même tache coupe la courbe en huit à midi TU (soit 13 h temps légal en heure d'hiver et 14 h temps légal en heure d'été) (fig. 8). Les résultats étant très satisfaisants puisque la précision atteint la seconde de temps, et après quelques retouches de détail sur la position de certains plots, le sol (et le mur) en résine claire a été coulé début juin, scellant le tracé en laiton définitivement (fig. 9).

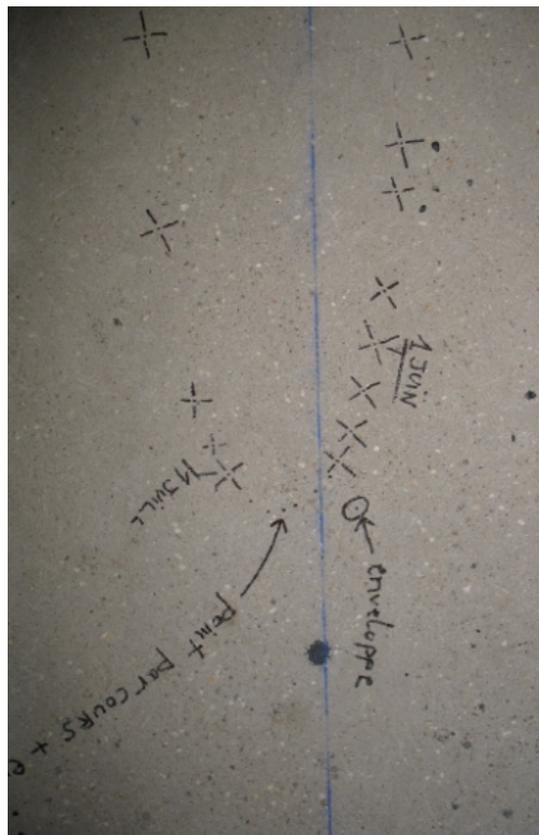
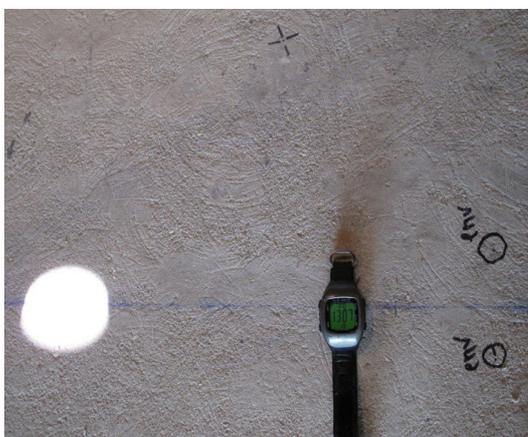


Figure 7 : Tracé temporaire sur le sol en béton de la méridienne (en bleu) et de quelques points de la courbe en huit aux alentours du solstice d'été (photo D. Savoie)



▲ Figure 8 : Tache du Soleil coupant le méridien le 22 mars 2011 à 13 h 07 temps légal (photo A. Aumont)

Plusieurs vidéos permettent *in situ* de comprendre le fonctionnement de la méridienne. Des médiateurs scientifiques sont en plus présents sur place pour guider et expliquer au public les enjeux de ce cadran solaire particulier¹¹ (fig. 10).

Même s'il est probable que l'abandon prochain des sauts de secondes intercalaires¹², donc de tout lien entre UT1 et le temps légal, se traduira à terme par un écart dans la lecture du Temps Universel sur la courbe en huit, la méridienne de Villers-sur-Mer restera toujours un repère intangible pour midi solaire.

¹¹ Je remercie Adeline Aumont, Karine Boutillier et Stéphane Croutte pour leur aide efficace tout au long de la réalisation de cette méridienne.

¹² Lors de l'assemblée générale tenue à Genève début 2012, les membres de l'IUT ont reporté à 2015 le vote sur la suppression des secondes intercalaires.

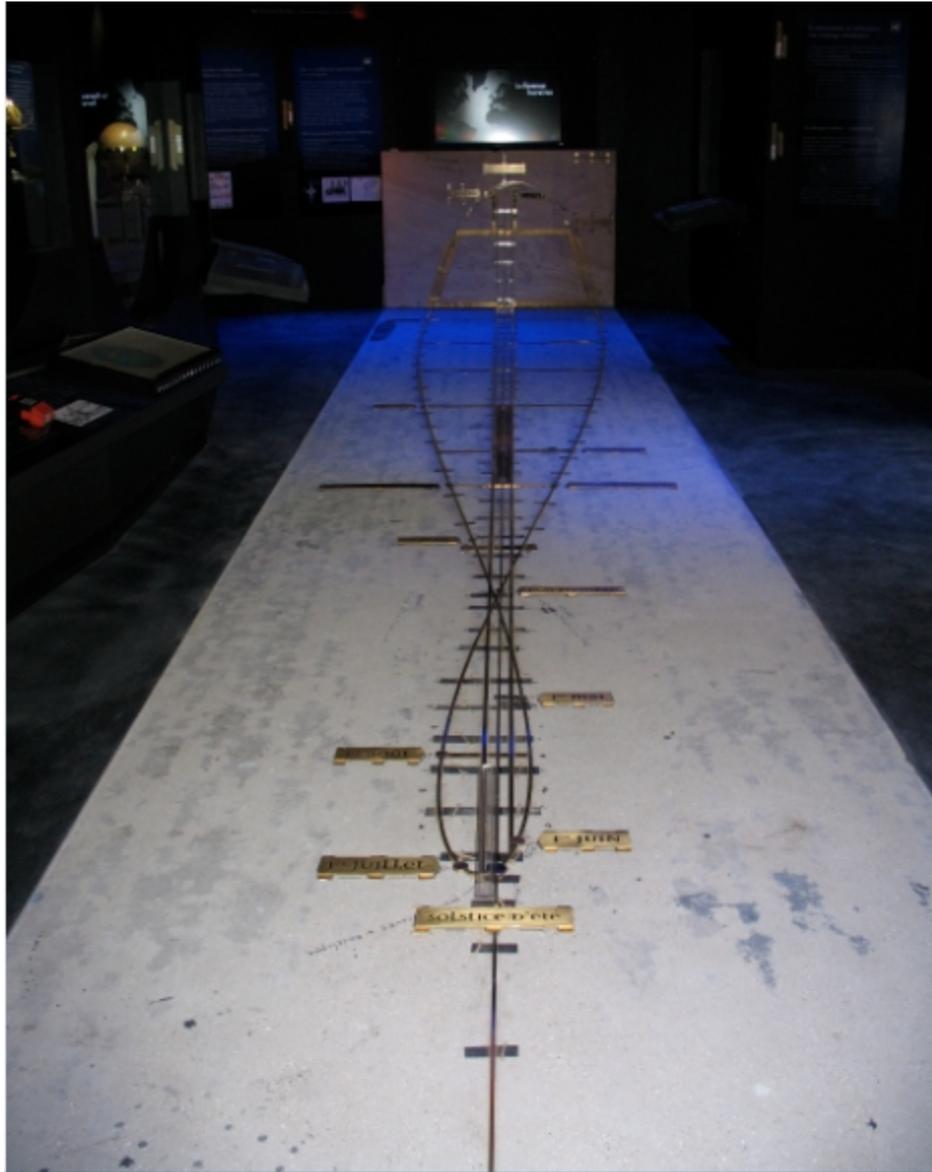


Figure 9 : Vue générale de la méridienne avant le coulage de la résine au sol. L'ensemble mesure 11 mètres (photo A. Aumont)



Figure 10 : Passage de la tache solaire sur la courbe en huit de midi TU le 7 août 2011 (photo E. Tricot)

