

## Annexe : la naissance du mètre.

### La méthode (détails)

La technique de mesure choisie est la triangulation plane. Il faut mesurer une chaîne de triangles séparant Dunkerque et Barcelone ; le choix se porte sur cette portion de méridien car une partie des mesures a déjà été faite et devrait permettre de gagner du temps.

Pour procéder à cette mesure on va bénéficier de l'existence de nouveaux outils offrant une plus grande précision.

- pour les longueurs, on utilisera les règles de Borda (2 toises de long), mises au point par Étienne Lenoir, qu'il fallait aligner par visée optique et placer à l'horizontale grâce à un niveau ;

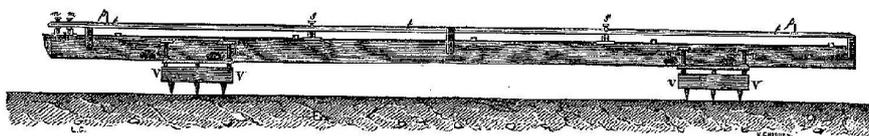
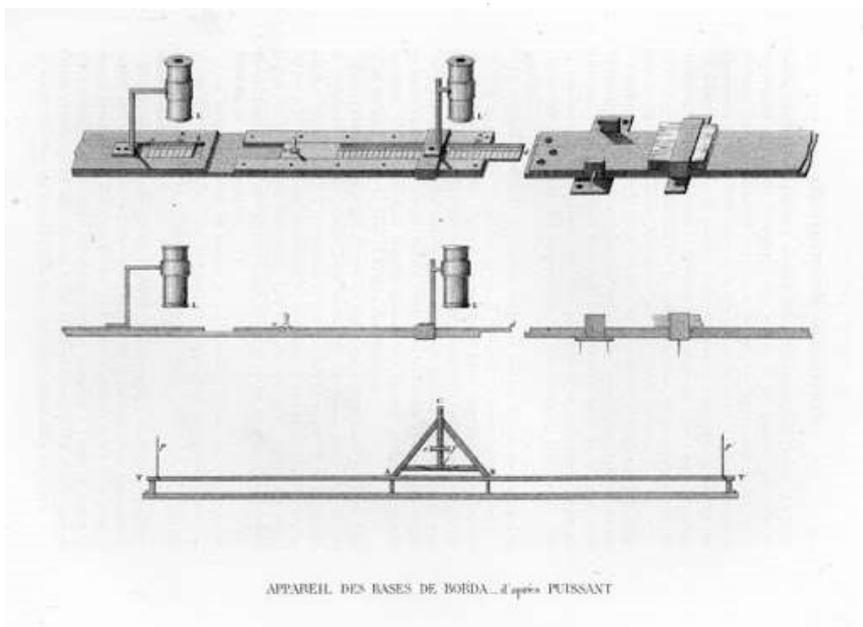


Fig. 237. — Vue latérale d'une règle employée pour la mesure des bases de Melun et de Perpignan.



La règle de Borda

- pour mesurer les angles, Delambre et Méchain utilisent le cercle répétiteur inventé par Borda et Lenoir, que l'on orientait dans le plan quasi-horizontale formé par l'endroit d'où l'on visait et deux autres sommets convenablement choisis du triangle. On déterminait aussi la dénivellation entre les trois sommets du triangle, en plaçant le cercle répétiteur en position verticale.

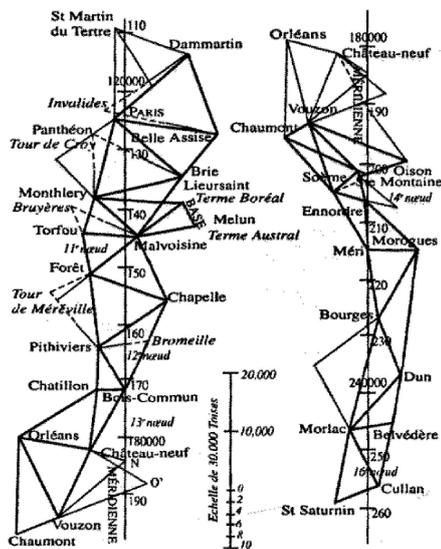


Le cercle répétiteur de Borda

La partie nord de la mesure était placée sous la responsabilité de Delambre (sur une portion d'arc de 760 km) et la partie sud sous celle de Méchain (sur une portion d'arc de 340 km) ; ils se rejoignirent à Rodez.

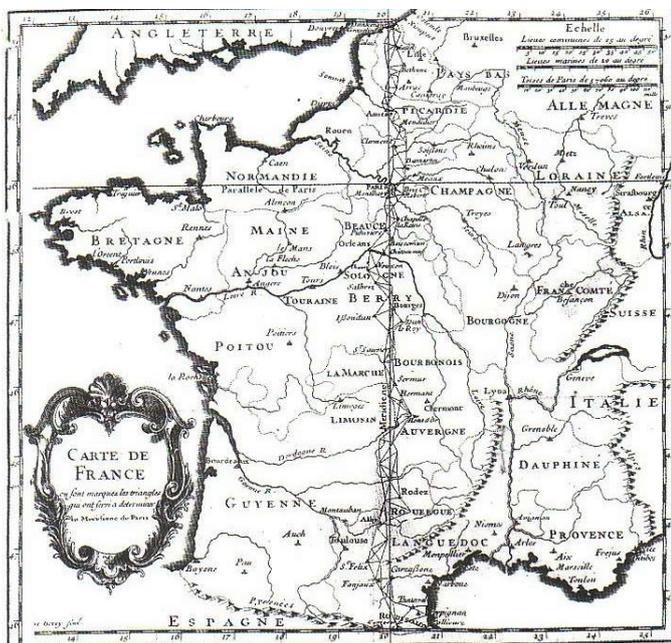
Les deux astronomes utilisèrent le procédé de la triangulation, dont le principe est le suivant :

- sur la bande de terrain qui contient l'arc de méridien à mesurer, on choisit, à l'est et à l'ouest de l'arc, un certain nombre de points (des clochers, par exemple) visibles les uns des autres au moins trois par trois ; ces points forment un réseau de triangles couvrant l'arc ;
- depuis chaque sommet de ces triangles, on mesure les angles des visées sur les autres sommets, ce qui définit tous les triangles par leurs angles ;
- dans le réseau, on choisit, comme côté de l'un des triangles, une « base », longueur de terrain à peu près horizontal d'une dizaine de kilomètres, qu'on mesure directement ;
- par visée astronomique, on mesure l'azimut d'un des côtés des triangles, c'est à dire l'angle qu'il fait avec le méridien, ce qui permet d'orienter le réseau, puis on mesure la latitude des deux extrémités de l'arc, ce qui détermine sa mesure.
- La triangulation permet alors de calculer de proche en proche, à partir de la base, la longueur des côtés des triangles et leurs projections sur le méridien, au niveau de la mer, c'est-à-dire la longueur de l'arc, d'où l'on déduit celle du quart de méridien.



Exemples de mesures par triangulation

Il faut déterminer avec précision la longueur de la base. Delambre choisit une portion de route horizontale et bien droite entre Lieusaint et Melun, sur une longueur d'environ 11 km en plaçant bout à bout des règles de 2 toises de long (un peu moins de 4 m), qu'il fallait aligner par visée optique et placer à l'horizontale grâce à un niveau (du 24 avril au 3 juin 1798). Il achève aussi les travaux entrepris par Méchain, pour une deuxième base de 11 km entre Perpignan et Salses (du 28 juillet au 17 septembre). Sa longueur ne diffère alors que de 30 cm de la longueur calculée après toute la triangulation de Paris à Perpignan : un accord remarquable.



L'ensemble des triangles sur le méridien en France

## L'aventure (détails)

Il n'y a pas d'autre terme pour définir le travail des deux astronomes et de leurs assistants sur le terrain.

« Le 24 juin 1792, deux berlines lourdement chargées des instruments nécessaires à l'expérience quittent les Tuileries, l'une pour Dunkerque et l'autre pour Barcelone, afin de calibrer le mètre à partir de la distance entre ces deux villes.

« La plus longue mesure géodésique de tous les temps » se serait exclamé Borda... » (*La Méridienne*, p. 7). Le périple qui durera sept ans pourrait être reproduit n'importe quand, en n'importe quel autre point du globe.

Les difficultés rencontrées par Delambre et Méchain au cours de leur périple sont très nombreuses, ils seront confrontés au froid, à la maladie, la prison, la mort. Si Delambre put parfois se plaindre de l'absence de relief pour établir ses mesures, Méchain pour sa part en rencontra trop. Mais les obstacles physiques ne furent pas les seuls rencontrés. Ils durent faire face aussi à la pénurie en hommes et en matériel, ainsi qu'à de fréquentes destructions des points de repère mis en place (les habitants craignant en particulier que les mesures ne débouchent sur de nouveaux impôts).

Pendant la mission ont lieu de très nombreux événements. La suppression des Académies en 1793 rend la mission illégale ; l'exécution du roi Louis XVI et la « Terreur » poussent Delambre à se cacher son passeport étant signé de la main du roi.

Méchain subit un très grave accident qui lui valut une semaine de coma et six mois de convalescence pour se remettre (côtes et deux épaules cassées) et comme la guerre est déclarée avec l'Espagne, soupçonné d'espionnage, il est envoyé en prison. Enfin ses doutes sur la validité de ses mesures lui firent retarder la publication de ses résultats. Ce doute fut assez fort pour qu'il reparte en Espagne en 1803 refaire et prolonger ses mesures et il y mourut en 1804 du paludisme. La mesure du méridien fut reprise par Biot et Arago en 1806 et prolongée jusqu'aux îles Baléares avec d'autres péripéties et difficultés nombreuses (insularité des Baléares).

Comme l'indique Denis Guedj, la mesure du méridien est un véritable scénario de film, qu'il ne tourna pas mais qu'il nous raconte dans *La méridienne* et *Le mètre du monde*.

## La loi du 18 germinal an 3

Après une assez longue période d'arrêt, les « commissaires » chargés des poids et mesures reprennent leurs travaux vers le milieu de l'an 3. Ils envoient un rapport au Corps législatif, qui promulgue alors la loi du 18 germinal an 3 (7 avril 1795), considérée comme un texte fondamental du système métrique décimal :

« **Art. 1.** L'époque prescrite par le décret du 1<sup>er</sup> août 1793 pour l'usage des nouveaux poids et mesures est protégé, quant à la disposition obligatoire, jusqu'à ce que la convention nationale y ait statué de nouveau en raison des progrès de la fabrication ; les citoyens sont cependant invités à donner une preuve de leur attachement en se servant dès à présent des nouvelles mesures dans leurs calculs et transactions commerciales.

« **Art. 2.** Il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la République ; ce sera une règle de platine sur laquelle sera tracé le mètre qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures.

Cet étalon sera exécuté avec la plus grande précision, d'après les expériences et les observations des commissaires chargés de sa détermination, et il sera déposé près du corps législatif, ainsi que le procès-verbal des opérations qui auront servi à le déterminer, afin qu'on puisse les vérifier dans tous les temps.

« **Art. 3.** Il sera envoyé dans chaque chef-lieu de district un modèle conforme à l'étalon prototype dont il vient d'être parlé, et en outre un modèle de poids exactement déduit du système des nouvelles mesures. Ces modèles serviront à la fabrication de toutes les sortes de mesures employées aux usages des citoyens.

« **Art. 4.** L'extrême précision qui sera donnée à l'étalon en platine ne pouvant pas influencer sur l'exactitude des mesures usuelles, ces mesures continueront d'être fabriquées d'après la longueur du mètre adopté par les décrets antérieurs.

« **Art. 5.** Les nouvelles mesures seront distinguées dorénavant par le surnom de *républicaines*, leur nomenclature est définitivement adoptée comme suit :

On appellera *Mètre*, la mesure de longueur égale à la dix millionième partie de l'arc du méridien terrestre compris entre le pôle boréal et l'équateur ;

*Are*, la mesure de superficie pour les terrains, égale au carré de 10 mètres de côté ;

*Stère*, la mesure destinée particulièrement aux bois de chauffage, et qui sera égale au mètre cube ;

*Litre*, la mesure de capacité, tant pour les liquides que pour les matières sèches, dont la contenance sera celle du cube de la dixième partie du mètre ;

*Gramme*, le poids absolu d'un volume d'eau pure, égal au cube de la centième partie du mètre et à la température de la glace fondante.

Enfin, l'unité des monnaies prendra le nom de *franc*, pour remplacer celui de *livre* usité jusqu'aujourd'hui.

« **Art. 6.** La dixième partie du mètre se nommera *décimètre* et sa centième partie *centimètre*.

On appellera *décamètre* une mesure égale à dix mètres : ce qui fournit une mesure très commode pour

l'arpentage.

*Hectomètre* signifiera la longueur de cent mètres.

Enfin, *kilomètre* et *myriamètre* seront des longueurs de mille et dix mille mètres, et désigneront principalement les mesures itinéraires.

« **Art. 7.** Les dénominations des mesures des autres genres seront déterminées d'après les mêmes principes que celles de l'article précédent :

Ainsi, *décilitre* sera une mesure de capacité dix fois plus petite que le litre ; *centigramme* sera la centième partie du poids d'un gramme.

On dira de même *décalitre* pour désigner une mesure contenant dix litres; *hectolitre*, pour une mesure égale à cent litres : un *kilogramme* sera un poids de mille grammes.

On composera d'une manière analogue les noms de toutes les autres mesures.

Cependant, lorsqu'on voudra exprimer les dixièmes ou les centièmes du franc, unité des monnaies, on se servira des mots *décime* et *centime*, déjà reçus en vertu des décrets antérieurs.

« **Art. 8.** Dans les poids et mesures de capacité, chacune des mesures décimales de ces deux genres aura son double et sa moitié, afin de donner à la vente des divers objets toute la commodité que l'on peut désirer. Il y aura donc le *double-litre* et le *demi-litre*, le *double-hectogramme* et le *demi-hectogramme*, et ainsi des autres.

« **Art. 9.** Pour rendre le remplacement des anciennes mesures plus facile et moins dispendieux, il sera exécuté par parties et à différentes époques. Ces époques seront décrétées par la Convention Nationale aussitôt que les mesures républicaines se trouveront fabriquées en quantités suffisantes, et que tout ce qui tient à l'exécution de ces changements aura été disposé. Le nouveau système sera d'abord introduit dans les assignats et monnaies, ensuite dans les mesures linéaires ou de longueur et progressivement étendu à toutes les autres

« **Art. 10.** Les opérations relatives à la détermination de l'unité des mesures de longueur et de poids, déduite de la grandeur de la terre, commencées par l'académie des sciences, et suivies par la commission temporaires des mesures, seront continuées jusqu'à leur entier achèvement par des commissaires particuliers, choisis principalement parmi les savants qui y ont concouru jusqu'à présent. L'administration dite commission temporaires des poids et des mesures est supprimée.

« **Art. 11.** Il sera formé en remplacement une *Agence Temporaire*, composée de trois membres, et qui sera chargée, sous l'autorité de la commission d'instruction publique, de tout ce qui concerne le renouvellement des poids et des mesures, sauf les opérations confiées aux commissaires particuliers dont il est parlé dans l'article précédent.

Les membres de cette agence seront nommés par la Convention Nationale, sur la proposition de son comité d'instruction publique. Leur traitement sera réglé par ce comité en se concertant avec celui des finances.

« **Art. 12.** Les fonctions principales de l'Agence Temporaire seront :

1. De rechercher et employer les moyens les plus propres à faciliter la fabrication des nouveaux poids et mesures pour les usages de tous les citoyens ;
2. De pourvoir à la confection et à l'envoi des modèles qui doivent servir à la vérification des mesures dans chaque district ;
3. De faire composer et de répandre les instructions convenables pour apprendre à connaître les nouvelles mesures et leurs rapports avec les anciennes ;
4. De s'occuper des dispositions qui deviendraient nécessaires pour régler l'usage des mesures républicaines et de les soumettre au Comité d'instruction publique, qui en fera rapport à la Convention Nationale ;
5. D'arrêter les états de dépenses de toutes les opérations qu'exigeront la détermination et l'établissement des nouvelles mesures, afin que ces dépenses puissent être acquittées par la Commission d'instruction publique ;
6. Enfin, de correspondre avec les autorités constituées et les citoyens dans toute la République, sur tout ce qui sera utile pour hâter le renouvellement des poids et mesures.

« **Art. 13.** La fabrication des mesures républicaines sera faite, autant qu'il sera possible, par des machines, afin de réunir à l'exactitude la facilité et la célérité dans les procédés, et par conséquent de rendre l'achat des mesures d'un prix médiocre pour les citoyens.

« **Art. 14.** L'Agence Temporaire favorisera la recherche des machines les plus avantageuses : elle en commandera, s'il en est besoin, aux artistes les plus habiles, ou les proposera au concours, suivant les circonstances. Elle pourra aussi accorder des encouragements ou avances, matières ou machines, aux entrepreneurs qui prendraient des engagements convenables pour quelque partie importante de la fabrication des nouveaux poids et mesures. Mais, dans tous ces cas, l'Agence sera tenue de prendre l'autorisation du Comité d'instruction publique.

« **Art. 15.** L'Agence Temporaire déterminera les formes des différentes sortes de mesures, ainsi que les matières dont elles devront être faites, de manière que leur usage soit le plus avantageux possible.

« **Art. 16.** Il sera gravé sur chacune de ces mesures leur nom particulier ; elles seront marquées en outre d'un poinçon de la République qui en garantira l'exactitude.

« **Art. 17.** Il y aura à cet effet, dans chaque district, des vérificateurs chargés de l'apposition du poinçon. La détermination de leur nombre et de leurs fonctions fera partie des règlements que l'Agence préparera, pour être ensuite soumis à la Convention Nationale par son Comité d'instruction publique.

« **Art. 18.** Le choix des mesures appropriées à chaque espèce de marchandise aura lieu de manière que, dans les cas ordinaires, on n'ait pas besoin de fractions plus petites que le centièmes.

L'agence recherchera les moyens de remplir cet objet, en s'écartant le moins possible des usages du commerce.

« **Art. 19.** Au lieu des tables des rapports entre les anciennes et les nouvelles mesures, qui avaient été ordonnées par le décret du 8 mai 1790, il sera fait des échelles graphiques pour estimer ces rapports sans avoir besoin d'aucun calcul. L'Agence est chargée de leur donner la forme la plus avantageuse, d'en indiquer la méthode, et de la répandre autant qu'il sera nécessaire.

« **Art. 20.** Pour faciliter les relations commerciales entre la France et les nations étrangères, il sera composé, sous la direction de l'Agence, un ouvrage qui offrira les rapports des mesures françaises avec celles des principales villes de commerce des autres peuples.

« **Art. 21.** Pour subvenir à toutes les dépenses relatives à l'établissement des nouvelles mesures, ainsi qu'aux avances indispensables pour le succès de cette opération, il y sera affecté provisoirement un fonds de cinq cent mille livres, que la Trésorerie nationale tiendra à cet effet à la disposition de la commission d'instruction publique.

« **Art. 22.** La disposition de la loi du 4 frimaire an 2, qui rend obligatoire l'usage de la division décimale du jour et de ses parties, est suspendue indéfiniment.

« **Art. 23.** Les articles des lois antérieures au présent décret, et qui y sont contraires, sont abrogés.

« **Art. 24.** Aussitôt après la publication du présent décret, toute fabrication des anciennes mesures est interdite en France, ainsi que toute importation des mêmes objets venant de l'étranger, à peine de confiscation et d'une amende du double de la valeur desdits objets.

La commission des administrations civiles, police et tribunaux, et celle des revenus nationaux sont chargées de l'exécution du présent article.

« **Art. 25.** Dès que l'étalon prototype des mesures de la République aura été déposé au Corps Législatif par les commissaires chargés de sa confection, il sera élevé un monument pour le conserver et le garantir de l'injure du temps.

L'Agence Temporaire s'occupera d'avance du projet de ce monument destiné à consacrer de la manière la plus indestructible la création de la République, les triomphes du peuple français, et l'état d'avancement où les lumières sont parvenues dans son sein.

« **Art. 26.** Le comité d'instruction publique est chargé de prendre tous les moyens de détail nécessaires pour l'exécution du présent décret et l'entier renouvellement des poids et mesures dans toute la République.

Il proposera successivement à la Convention les dispositions législatives qui devront en dépendre.

« **Art. 27.** L'Agence Temporaire rendra compte de ses opérations à la Commission d'instruction publique et au comité de ce nom avec lequel elle pourra correspondre directement pour la célérité des opérations.

« **Art. 28.** Il est enjoint à toutes les autorités constituées, ainsi qu'aux fonctionnaires publics, de concourir de tout leur pouvoir à l'opération importante du renouvellement des poids et mesures. »

### **Bibliographie – Sitographie :**

Franck Jedrzejewski, Histoire universelle de la mesure (Ellipses 2004).

La science au péril de sa vie : les aventuriers de la mesure du monde Arkan Simaan (Préface de Jean Claude Pecker) Vuibert Adapt (2002)

Denis Guedj, La Méridienne (Robert Laffont, 1997), Le Mètre du Monde (Seuil 2000).

Le procès des étoiles Florence Trystram (Petite Bibliothèque Payot 2001)

Cahier Clairaut n°46 Les origines du Système métrique décimal

Cahier Clairaut n°67 Cercle répétiteur de Borda

Cahier Clairaut n°73 Le point sur la triangulation

Cahier Clairaut n°113 Mesure de distances : commençons par la Terre

C'est pas sorcier : le mètre et les unités (à partir de 12 min 40 s) <https://youtu.be/PVEtJI20Fcs>.

Triangulation [http://expositions.obspm.fr/lumiere2005/triangulation\\_plus.html](http://expositions.obspm.fr/lumiere2005/triangulation_plus.html).

Cercle répétiteur de Borda [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle\\_r%C3%A9p%C3%A9titeur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle_r%C3%A9p%C3%A9titeur).

Ces constantes qui donnent la mesure <https://lejournal.cnrs.fr/articles/ces-constantes-qui-donnent-la-mesure>.

Histoire de Borda <http://www.metrodiff.org/histoire/borda.htm>.