

LE MÈTRE DU MONDE

Claude LLINARES, Uzès, 9 avril 2016

Claude LLINARES est docteur-ès-sciences en physique électronique et professeur d'électronique honoraire de l'Université de Montpellier II.

En 1789, dans leurs cahiers de doléances, les Français demandaient l'uniformisation des poids et des mesures afin qu'il n'y ait plus sur le territoire « deux poids et deux mesures », symboles d'inégalité et associés à ce qui n'est pas encore l'ancien régime. La Constituante décide en 1791 de commanditer la mesure du méridien de Dunkerque à Barcelone, afin de définir un étalon¹ de mesure de longueur établi sur des bases scientifiques universelles. Deux équipes sont constituées pour mesurer la zone nord de Dunkerque à Rodez et celle du sud de Rodez à Barcelone. Elles partent en juin 1792 pour accomplir leur mission, censée durer 2 ans. En fait, la mission se heurtera à de multiples difficultés, dues aux phénomènes atmosphériques et à la topologie, à la dévaluation des assignats, et surtout aux événements historiques qui interviennent de 1792 à 1794.

Cette expérience unique de géodésie en valait-elle la peine ? Aurait-on pu faire plus simple ?

La Constituante (de 1789 à septembre 1791) met à son programme la recherche d'une unité de mesure métrique universelle et basée sur un système décimal.

Sous l'Ancien Régime, la France utilise une multitude d'unités de mesures, selon ce que l'on mesure² et les lieux où l'on mesure. En outre, une mesure de même nom n'a pas la même valeur partout, ce qui ne simplifie pas les échanges. On applique ainsi 10 valeurs de pied différentes, entre 28,8 et 33,5cm. Au total, on comptait entre 700 à 800 noms différents correspondant aux 2000 différentes mesures utilisées sur l'ensemble du territoire.

Afin d'uniformiser les unités de longueur (principalement), l'Assemblée Nationale signe l'acte de naissance du système métrique. Le 26 mars 1791, la Constituante adopte l'usage exclusif de l'échelle décimale et décrète que l'unité de mesure serait la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, et s'appellerait le mètre³. Dans un premier temps, elle décide de confier à 12 commissaires⁴ l'organisation de la mesure du méridien entre Dunkerque et Barcelone. La mission ne devrait guère excéder 2 ans... Le Roi les reçoit officiellement aux Tuileries le 19 juin 1791, la veille de la fuite de la famille royale à Varenne...

Un contexte historique chaotique

En septembre 1791, la Constitution est votée et institue une monarchie constitutionnelle. L'Assemblée Législative succède à la Constituante le 1^{er} octobre 1791 et déclare la guerre à l'Espagne en avril 1792. La patrie est déclarée en danger

¹ Pour vérifier une mesure de longueur, on la plaçait entre les talons...

² Le bois à brûler se vend à la corde, le charbon de bois à la banne et le bois de charpente à la marque ou à la solive. Chez les apothicaires, le scrupule vaut 20 grains, la drachme 3 scrupules, l'once 8 drachme et la livre 12 onces. 1 muid vaut 12 sestiers, 1 sestier 12 boisseaux et 1 boisseau 12 litres.

³ Nom suggéré par Borda, du grec "metron", mesure.

⁴ Lagrange, Laplace, Monge, Meusnier, Borda, Lenoir, Coulomb, Vandermonde, Brisson, Tillet, Passant, Cassini, auxquels s'adjoignent bientôt Lalande, Lavoisier et Condorcet. A noter que la famille Cassini en est à sa 4^{ème} génération d'astronomes...

le 11 juillet 1792 et la publication du manifeste de Brunswick accroît encore la tension.

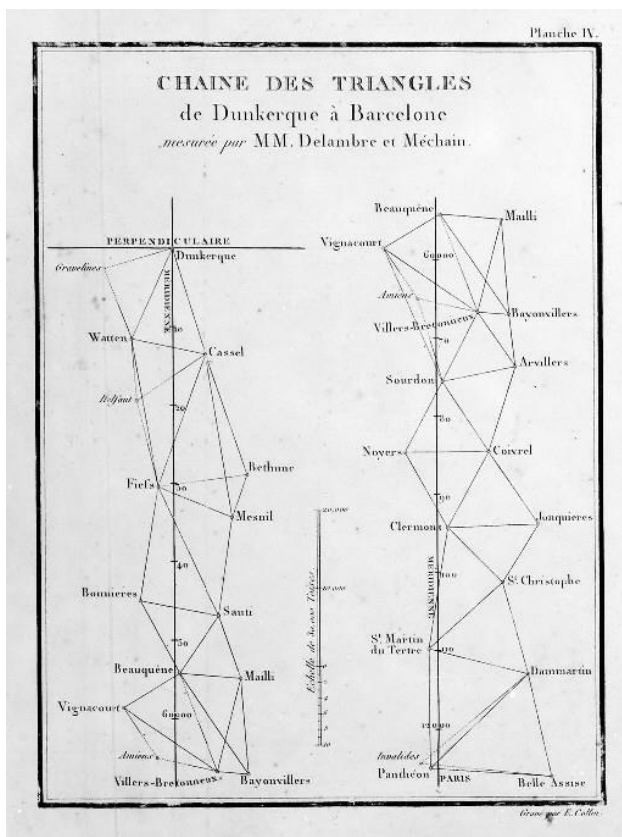
La Convention, élue en septembre 1792, destitue le Roi et la victoire de Valmy (20 septembre 1792) signe la naissance de la République.

De septembre 1792 au 28 juillet 1794 (Date de l'exécution de Robespierre) les comités de Salut Public, de Sûreté Générale et de Finance vont gérer cette période trouble.

Le tribunal révolutionnaire est expéditif et envoie successivement à l'échafaud le Roi, la Reine, Bailly, scientifique et maire de Paris et Lavoisier. Condorcet se suicide en mars 1794.



Comment mesurer le méridien ?



Les avis sont d'abord partagés entre l'utilisation du pendule (Son utilisation aurait été délicate, la mesure fournie étant tributaire du lieu de la mesure et de la longueur du pendule, laquelle dépend de la température ambiante. L'utilisation d'un tel outil entrerait en conflit avec la volonté d'universalité) et la mesure du méridien, (Le méridien d'un lieu est la ligne imaginaire nord-sud qui passe en ce point. La première mesure a été effectuée entre Alexandrie et Assouan en -220 par Eratosthène, mathématicien, élève d'Euclide et contemporain d'Archimède. Il en a déduit le rayon de la terre avec une erreur de 1% (6300km au lieu de 6366km). Ici, on détermine la direction du méridien en repérant la direction du Nord via le position des étoiles). On choisit finalement la 2^{ème} option. Deux astronomes de l'Observatoire de Paris, Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain, sont chargés de coordonner les mesures entre Dunkerque et Barcelone. Ils peuvent s'atteler à la tâche à partir du 25 juin 1792, date à laquelle les 2 équipes de mesure, l'une pour le Nord avec Delambre, l'autre pour le Sud avec Méchain, partent finalement des Tuileries.

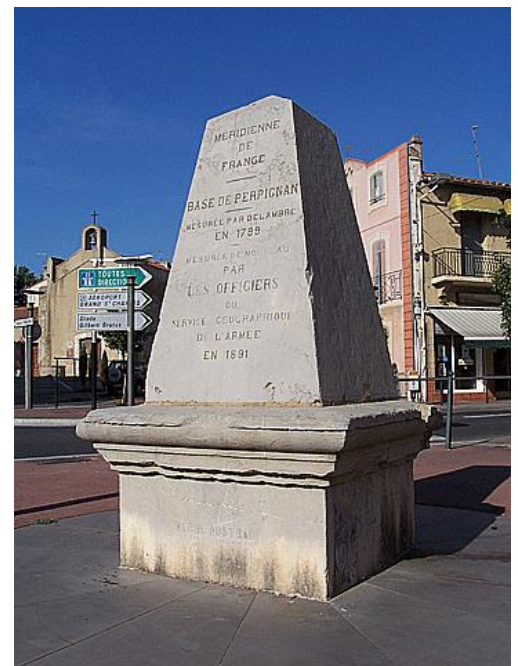
Pour effectuer des mesures sur d'aussi longues distances, il est impossible de mesurer physiquement le sol. D'une part le travail serait trop long, d'autre part le relief, même minime, fausserait les résultats. On choisit donc la solution de la triangulation, connue depuis les Égyptiens.

Si l'on connaît deux angles et un côté d'un triangle, on peut en déduire par calcul les deux autres côtés. Il suffit donc de connaître une longueur, la base et deux

angles, mesurés à partir de sommets divers- Clochers, tours, pics, etc. sur lesquels on place des signaux pouvant être vus à 30 à 40 km, chaque « sommet » devant être visible des 2 précédents et des 2 suivants- pour déduire la mesure des autres côtés du triangle. En juxtaposant les triangles entre eux, on parvient à progresser le long d'une ligne droite.

Toutefois, interviennent plusieurs problèmes inhérents au système, à commencer par l'existence de la courbe terrestre. En effet, les triangles à l'apparence parfaitement plane sont en réalité légèrement convexes. Il faut donc, par une formule mathématique, ramener l'hypothétique courbe terrestre à une ligne située au niveau de la mer. Dunkerque et Barcelone, situées au niveau de la mer, n'ont pas été choisies au hasard.

Concrètement, le méridien est rapporté à une succession de triangles dont les côtés se suivent. Il faut pour cela partir d'une base connue, qui, elle, est mesurée au sol. Cela nécessite un terrain plat, parfaitement rectiligne, et



suffisamment long pour que d'un sommet voisin on puisse mesurer des angles d'un triangle imaginaire portant sur des km² de terrain. Une première base, d'environ 12km est située entre Melun et Lieusaint, et une seconde, près de Perpignan, entre Vernet et Salses-le-château.

Un appareillage performant

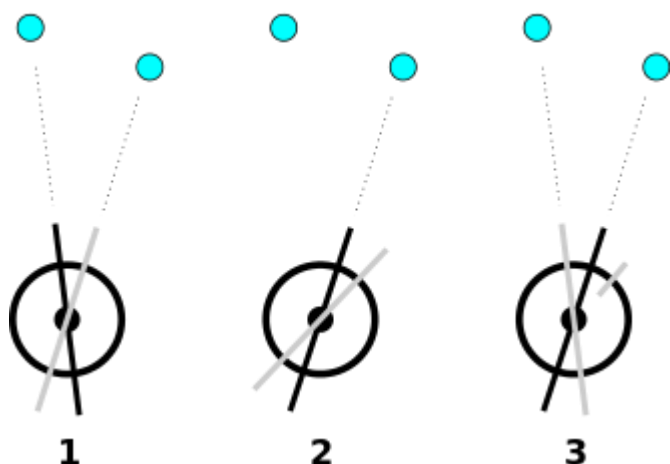
On bénéficie à l'époque d'outils de mesure plus précis que ceux qui avaient été utilisés lors de campagnes précédentes en Amérique du Sud et en Laponie.



Les mesures des bases sont effectuées à l'aide de règles plates de 2 toises de longueur, soit 3,898m . On ne peut guère mesurer que 360m par jour, soit la valeur de 90 règles mises bout à bout (avec 1cm d'écart).

Par exemple, la mesure de la base de 12km dans le Nord dure 40 jours et implique 3038 déplacements successifs des règles.

Les angles des triangles sont mesurés à l'aide du cercle répétiteur de Borda. Cet appareil, très précis, est de petite taille (18 à 21 cm de diamètre), léger et peut être transporté facilement.



Utilisation du cercle répétiteur : Aligner l'instrument pour que son plan passe par les 2 points visés et diriger chaque lunette sur un point (1). En conservant verrouillé l'angle entre les lunettes, pivoter le cercle pour viser le point de droite avec la lunette noire (2). Noter la position et viser le point de gauche avec le télescope gris (3). Recommencer l'opération autant de fois que désiré pour la précision.

Pour voyager, les savants bénéficient de berlines tirées par 3 chevaux en arbalète. Confortables et fonctionnelles, elles ont été mises au point par Borda. Selon Denis GUEDJ : « Bien rembourrées, les banquettes se transformaient en un lit à 2 places. On pouvait fixer au sol une table démontable qui, augmentée de rallonges, faisait un plan de travail. Les parois étaient truffées de niches creusées dans la boiserie [pour accueillir divers instruments de mesure]. Au plafond, une cavité contenait une liasse de cartes. Borda avait imaginé bien d'autres systèmes astucieux mais le trésorier de l'Académie, Lavoisier, avait mis le holà aux dépenses ».

Des difficultés de natures diverses

Malgré ces équipements perfectionnés, les difficultés ne manquent pas : il faut repérer les lieux, se déplacer sans cesse, construire des échafaudages, installer le matériel, vérifier les appareils, effectuer les mesures géodésiques et calculer les angles. La vision des signaux se révèle parfois difficile, compte tenu de leur emplacement, de leur orientation, de leur forme, de leur environnement, de leur coloration. Parfois, la politique s'en mêle, comme le raconte Denis GUEDJ : « *En 1792, dessus le clocher Saint-Nicolas de l'église d'Herment [Puy-de-Dôme], Delambre a fait placer un grand drap blanc mais les habitants du village ont cru que c'était un signal de partisans de la royauté. Ils ont dû faire coudre rapidement un drap bleu et rouge de chaque côté...* » La topographie n'est pas toujours favorable : dans le Nord, le terrain est plat et uniforme et on voit mal les signaux placés sur les clochers. Dans le Sud près des Pyrénées, il faut escalader les pics avec les caisses de matériel et attendre des conditions atmosphériques propices, souvent de nuit, pour effectuer les mesures.

Les difficultés s'accroissent, en lien avec les événements historiques. Après la déclaration de la patrie en danger le 11 juillet 1792, les effets de la guerre avec l'Europe se font sentir dans le Nord (clochers détruits notamment, ce qui empêche d'employer les signaux placés par Cassini). Dans le Sud, la déclaration de guerre avec l'Espagne (mars 1793) occasionne aussi nombre de problèmes, tout comme la situation personnelle de Méchain (mis en résidence surveillée, puis victime d'un grave accident). Partout, les tensions augmentent et les autorités locales n'ont plus le désir ni le pouvoir de contraindre des populations soupçonneuses. « *Les paysans détruisaient leurs signaux, ils étaient persuadés que l'opération avait pour objet de déterrer des trésors enfouis dans la montagne sous la garde de génies, dont ils redoutaient la vengeance. D'autres, moins superstitieux, dérobaient les matériaux, le bois, le fer, qui entraient dans la construction des échafaudages... Des prêtres même, malgré les lettres du Pape leur refusaient l'entrée de leurs clochers* ». Ainsi, sur les hauteurs de Belleville, un télégraphe des frères Chappe est abattu, suspect de permettre des communications entre les Autrichiens et le Roi enfermé au Temple.



En 1793, toutes les Académies sont supprimées (dont celle de Sciences).

En 1794, les assignats perdent 98% de leur valeur et les savants sont contraints d'engager leur fortune personnelle pour pouvoir poursuivre leur mission.

De septembre 1793 à août 1794, sous la Terreur, l'opération de la mesure du méridien est interrompue dans le Nord et Delambre se retire dans sa maison-observatoire de Bruyères-le-Châtel (Essonne). De son côté, Méchain, après de multiples tracasseries, part pour les Baléares, puis pour l'Italie avant de reprendre ses mesures en septembre 1795.

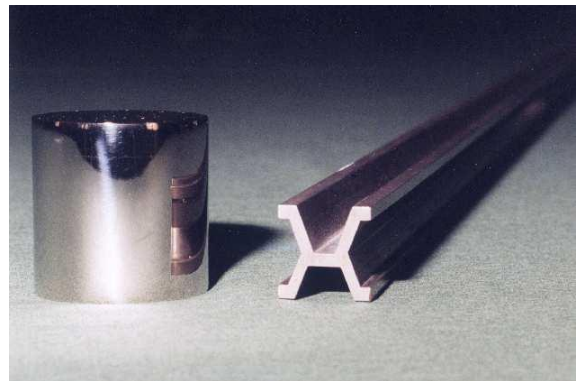
En avril 1795, la Convention décrète qu'il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la France. Ce sera une règle de platine sur laquelle sera tracé le

mètre. Elle invite les citoyens « à donner une preuve de leur attachement à l'unité et à l'indivisibilité de la République, en se servant dès à présent des nouvelles mesures ».

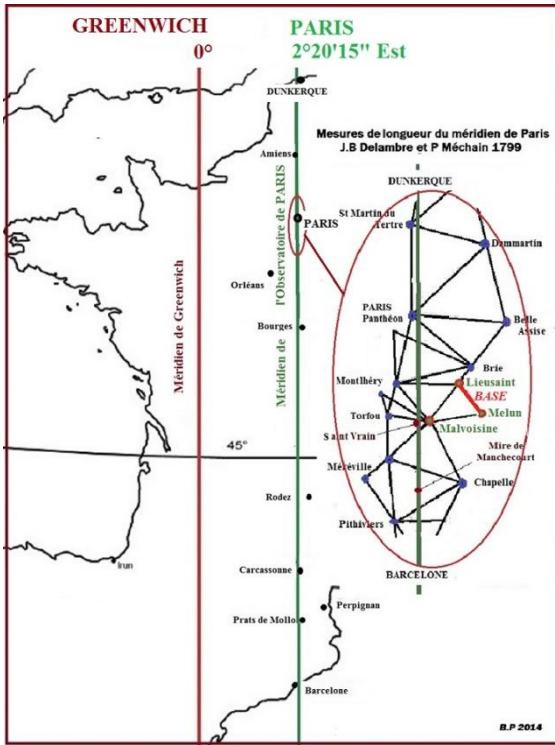
En parallèle, la situation politique s'améliorant, les travaux de la triangulation peuvent reprendre. Ils se poursuivront durant encore 3 ans, avant que la longueur du quart du méridien puisse être précisément déterminée.

En 1798, une commission internationale de savants est créée pour vérifier l'ensemble des opérations et proclamer les résultats définitifs et ainsi consacrer l'unité fondamentale et universelle du système de mesure.

Le 22 juin 1799 (4 Messidor an VIII), les étalons du mètre et du kilogramme, élaborés selon les travaux de Lavoisier, sont présentés aux Conseils et aux députés de l'Assemblée en présence de Delambre et de Méchain.



Le nouveau mètre-étalon en platine (90%) et iridium (10%), dédié " à tous les temps, à tous les peuples ", sera déposé peu après au Pavillon de Breteuil à Sèvres, à l'abri des variations de température.



Les suites de l'aventure...

À l'issue de cette mission mouvementée, les Français connaissent la longueur du quart du méridien terrestre. Le méridien a pour longueur $2\pi \cdot 6366 \text{ km} = 40\,000 \text{ km}$. Définition du mètre : 1/10 000 000 partie du $\frac{1}{4}$ de méridien terrestre.. Ils en déduisent le mètre, et créent ainsi le système métrique, qui sera adopté en France en 1799, puis par d'autres pays par la suite. Il perdurera jusqu'en 1960, date à laquelle l'étalon de longueur du mètre se trouvera lié à une longueur d'onde. À partir de 1993, on définit le mètre comme la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458^{\text{ème}}$ de seconde.

On est revenu à une définition par rapport à un temps, renouant avec la technique du pendule... Infiniment moins poétique et chargé d'histoire, mais beaucoup plus précis !

Les artisans de la mesure : Delambre et Méchain

Les 2 acteurs principaux, tous deux astronomes et mathématiciens, ont des personnalités très différentes : Delambre (1749-1822) est énergique et enthousiaste, Méchain (1744-1804) est réservé, distant et tourmenté. L'un se réalise dans l'aventure et en tire de la gloire, l'autre s'y détruit et y laisse la vie.



En guise de conclusion...

En 1789, le peuple exigeait l'uniformisation des poids et mesures. Dans un souci de simplicité, on aurait pu utiliser la toise du Pérou, mais les cercles scientifiques et les acteurs politiques de l'époque avaient d'autres ambitions et désiraient



l'universalité. *« Commencée aux funérailles de la monarchie, cette mesure s'achève à l'aube du consulat. Elle aura duré tout le temps qu'a vécu la République : sept années »*

Cela a représenté la plus longue mesure géodésique jamais effectuée, avec un double voyage, à la fois par les hauteurs et à ras de terre, mais aussi une traversée du territoire dans l'espace et le temps...

Pendant cette période troublée, les Français ont assisté à un bouleversement profond et rapide de leurs repères, leurs habitudes, leurs croyances et leurs vies.

La Révolution va réaliser un programme impressionnant en quelques années :

- Abolition des privilèges
- Abolition de l'esclavage
- Déclaration des droits de l'homme et du citoyen
- Organisation de l'espace (83 départements)
- Organisation de l'administration, la justice, la religion
- Instauration des poids, des mesures et du système décimal
- Définition d'une seule langue pour tout le pays
- Définition d'un temps décimal avec le calendrier républicain (sans lendemains...)
- Invention de la monnaie de papier (assignats)

Ces indéniables progrès ont bien entendu eu un prix... :

- 500 000 prisonniers dont 100 000 exécutés, 17 000 guillotins, 30 000 fusillés).
- 150 000 morts lors de la guerre civile en Vendée et en Bretagne.
- 1 million de morts au cours de la guerre contre l'Europe entre 1792 et 1815.



BIBLIOGRAPHIE

Denis GUEDJ : La méridienne, Robert Laffont, 1997

Denis GUEDJ : Le mètre du monde, Le Seuil, 2000

Denis GUEDJ : Les Cheveux de Bérénice, Le Seuil, 2003. Ce livre traite la mesure

de la circonférence de la Terre par Eratosthène.

Un intéressant chapitre sur la question de la mesure du méridien en Roussillon (faire abstraction des fautes d'orthographe !):

<http://pyreneescatalanes.free.fr/Histoire/Le-Roussillon-francais.php>

<http://www.metrologie-francaise.fr/fr/histoire/epopee-mesure.asp>

<http://martialauxbornes.skyrock.com/2937858605-Histoire-du-Meridien.html>

<http://www.entreprises.gouv.fr/metrologie/histoire-metre>

<http://slideplayer.fr/slide/503756>