

Roulette, Campylomètre, Curvimètre, Opisomètre

Daniel TOUSSAINT

Novembre 2018

Le transfert, la reproduction et l'impression sont autorisés pour un usage strictement personnel et privé.

Pour toute autre utilisation, une autorisation préalable doit être demandée à: postmaster@linealis.org

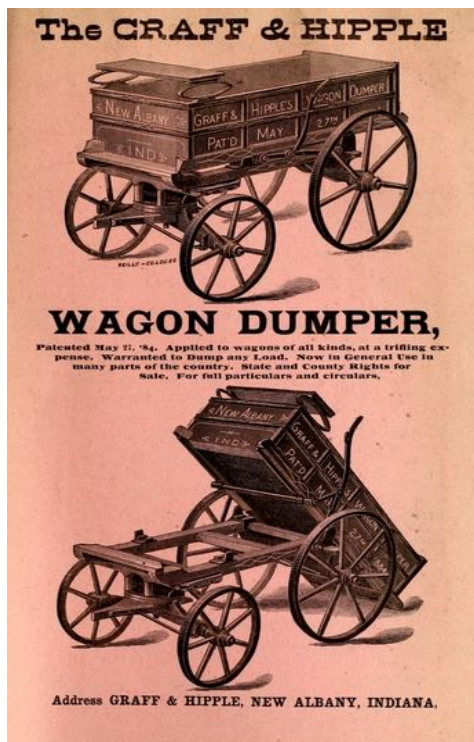
Les photographies sont propriété de l'auteur .

En 1781, Gaspard MONGE (1746-1818), comte de Péluse , mathématicien posa le problème suivant :

Deux volumes équivalents étant donnés, les décomposer en particules infiniment petites se correspondant deux à deux, de telle façon que la somme des produits des chemins parcourus en transportant chaque parcelle sur celle qui lui correspond, par le volume de la parcelle transportée, soit un minimum.

Ce problème a été par la suite appelé « le problème de la brouette de Monge », mais a aussi été à la base de la théorie des transports en mathématiques, théorie qui a été à l'origine de grandes découvertes au 20^e siècle.

Pour les ingénieurs qui construisaient des routes, et plus encore pour ceux qui construisaient des voies ferrées, il était indispensable d'utiliser des lignes droites ou curvilignes tout en considérant les reliefs et pentes, les déblais et remblais. Une route ou pire encore, une voie ferrée, comportant de nombreuses montées et descentes était impensable, il était nécessaire de creuser les points hauts (déblais) et de boucher les points les plus bas (remblais), le transport de la terre s'effectuait avec des tombereaux tractés par des chevaux, c'était lent et coûteux, il convenait d'optimiser les distances de transport.



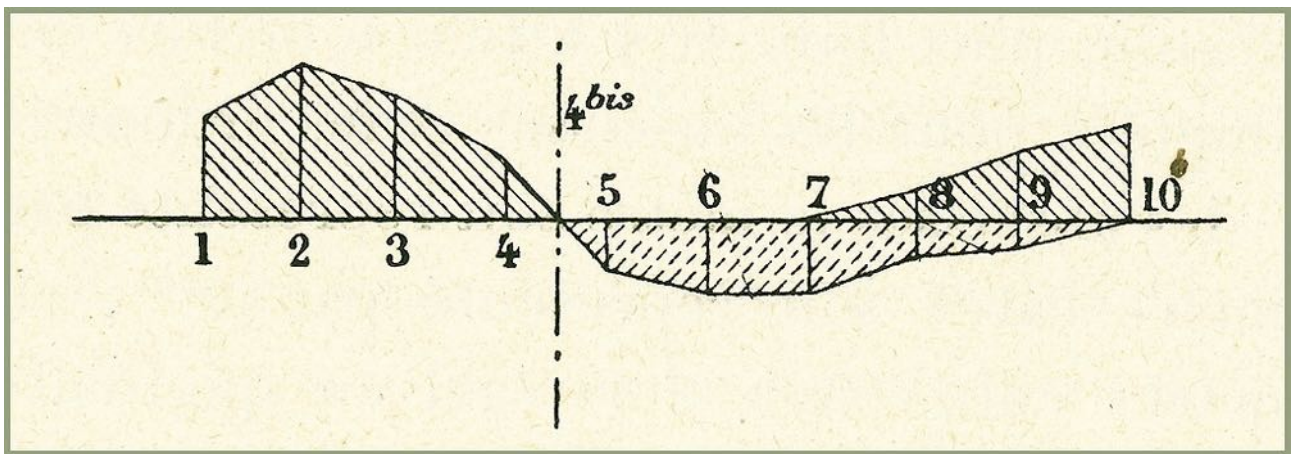
Les géomètres réalisaient des plans comportant des profils dans l'axe des voies et en travers, ce qui permettait d'optimiser de façon parfois un peu empirique le transport des déblais et remblais.

C'est seulement vers 1940-1950 que le mathématicien et économiste russe, Léonid Kantorovitch a résolu ce problème qui est aussi nommé « problème du transport de Monge-Kantorovitch ». Kantorovitch a obtenu le Prix Nobel d'Économie en 1975 pour ses travaux.

De nombreux mathématiciens et économistes se sont intéressés à ce problème, qui semblant fort simple s'est avéré d'une complexité inouïe.

On peut citer, de façon incomplète et désordonnée, Paul Appel, Filippo Santambrogio, Jules Dupuit, Cedric Villani, Maurice d'Ocagne.

Une utilisation des premiers planimètres a été de déterminer les sections des déblais et remblais et ainsi d'en évaluer le cubage. La méthode alors employée consistait, à partir des profils établis, de les découper en bandes rectangulaires, d'en mesurer la longueur totale et par suite la surface. En effectuant ces mesures sur les profils en long et en travers, il devenait possible d'évaluer le volume (cubature) des déblais et remblais.



Profil (extrait de « Leçons de topométrie » Maurice D'Ocagne)

Des roulettes ont été utilisées à cet usage. Voici quelques roulettes dites de DUPUIT.

Arsène Jules Emile Juvénal DUPUIT (1804–1866) était un ingénieur des Ponts et Chaussées et économiste français.



La version première de la roulette de Dupuit, représentée dans les ouvrages de Paul Appel et Maurice d'Ocagne.

La circonférence du disque est de 10 cm.

La capacité de cette roulette (ainsi que celle de toutes les roulettes françaises suivantes) est de 1 m.



Une version signée MORIN.



Une autre version commercialisée par CABASSON, mais aussi par MORIN vers 1910. Un perfectionnement est à signaler, une vis à tête moletée agissant sur une lamelle d'acier freinait la roulette lorsqu'elle était soulevée du papier, réduisant les sources d'erreur.



Le stadiomètre de campagne, commercialisé par M. Delagrave, présentait un principe original, il pouvait être muni d'échelles interchangeables, créées par l'utilisateur.



Une roulette dentée de 50 mm de circonférence (pour ne pas glisser sur le papier), entraîne à l'aide d'un engrenage une vis, un écrou muni d'un index se déplace en face de l'échelle.



L'autre côté, en biseau, présente une règle gravée de 120 mm. Fabrication soignée en maillechort et acier, de 165 mm de longueur totale, la vis pouvait totaliser 5 tours de roulette, soit une capacité de 250 mm.

La notice succincte précise qu'on peut faire graver sur l'instrument telle échelle que l'on voudra : s'adresser à M. Delagrave, éditeur-géographe, 15, rue Soufflot, Paris .

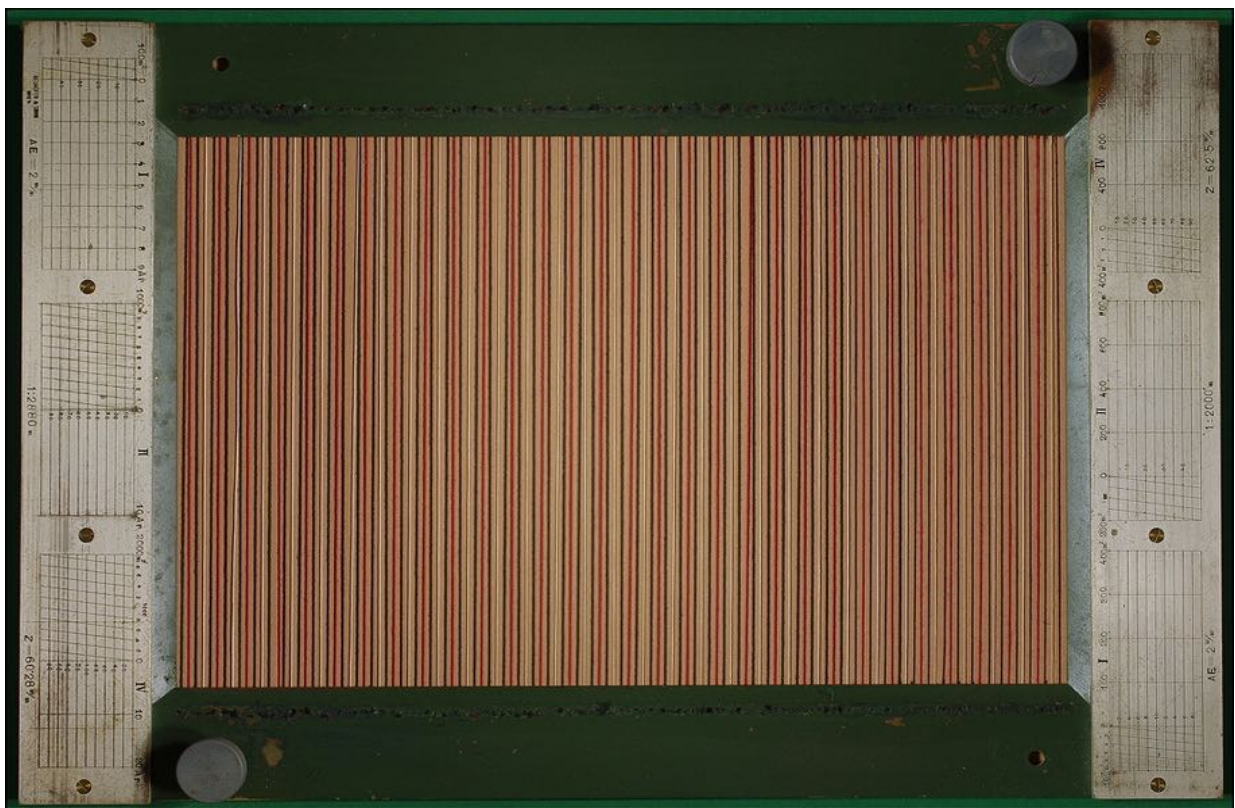


HB a construit dans les années 1950/60 une roulette fonctionnant sur le principe des curvimètres. Une petite roulette recouverte d'élastomère, une aiguille indiquait les mm, un compteur à guichet, les décimètres.



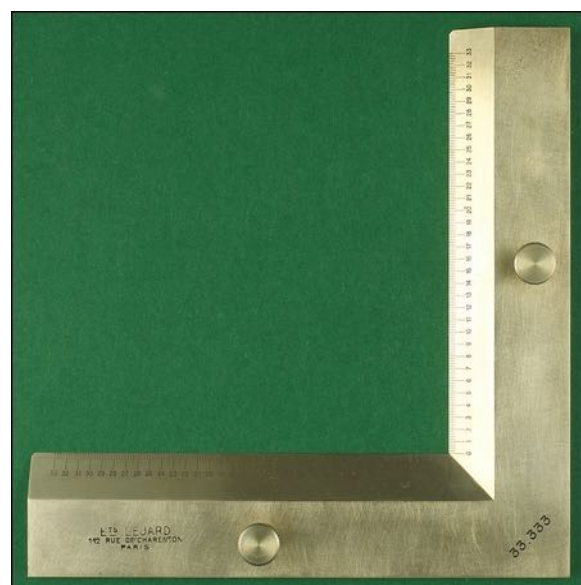
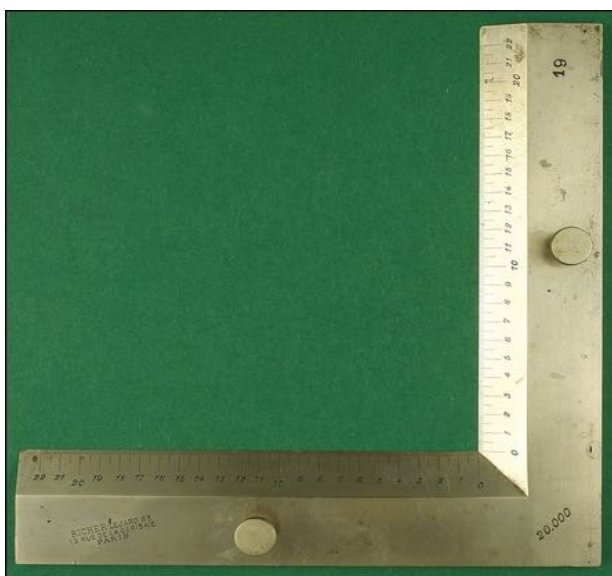
Une roulette Anglaise, construite sur un principe différent, le disque fait 3 pouces de circonférence, un index solidaire d'un écrou se déplace sur une échelle graduée en quart de pied, demi-pied et pied. Capacité de mesure 7,25 pieds.

Par la suite, des planimètres tels que les planimètres AMSLER ou CORRADI ont été utilisés pour déterminer les sections des remblais et déblais. Cependant la planimétrie par quadrillage à conservé quelques adeptes.



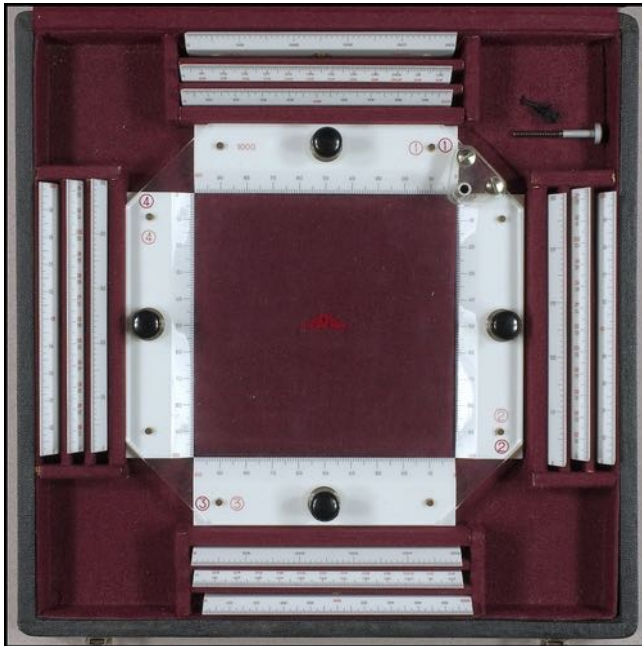
Planimètre à fils, basé sur le modèle de Eduard Oldendorp, constitué par un réseau de fils de coton alternativement noir/blanc/noir/rouge au pas de 2 mm, la mesure consistait à additionner, à l'aide d'un compas, la longueur de bandes de 2 mm de large et à reporter la somme sur les règles à échelle transverse pour en déduire l'aire du dessin à mesurer en tenant compte de l'échelle. Fabriqué par NEUHÖFER & SOHN, il date probablement de vers 1900. Par la suite, le réseau de fils de coton, très fragile, a été remplacé par un réseau photographé ou imprimé sur une feuille d'astralon.

Quelques instruments ont été spécialement créés pour mesurer les déblais et remblais tels que les équerres type Piton-Bressant. Elles étaient commercialisées par Lejard ou Morin notamment.



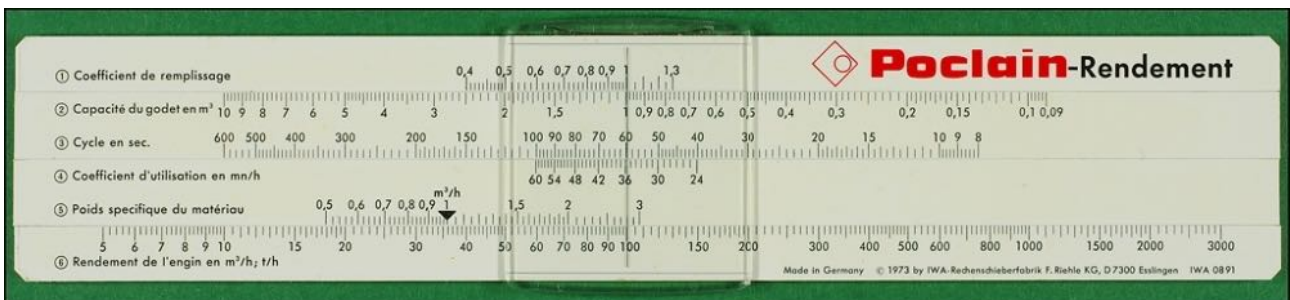
Ces deux modèles, signées RICHTER et LEJARD, permettaient de lire directement les côtes des déblais et remblais, en fonction de l'échelle pour laquelle l'équerre était établie.

Des rapporteurs carrés ont souvent été utilisés pour le même usage.



Rapporteur carré à 4 échelles amovibles construit par LEJARD.

Les fabricants de règles à calculs se sont tout aussi intéressés au problème posé par MONGE, que ce soit de façon générale lors d'élimination de déblais ou de comblement de trous, sur des chantiers extérieurs à l'aide de camions ou dans des mines et installations fixes (mines et carrières), les calculs de remplissage de camions ou de durée des travaux ont constitué une préoccupation importante pour les ingénieurs. En voici quelques exemples.



Comment utiliser la règle de Rendement Poclair ?

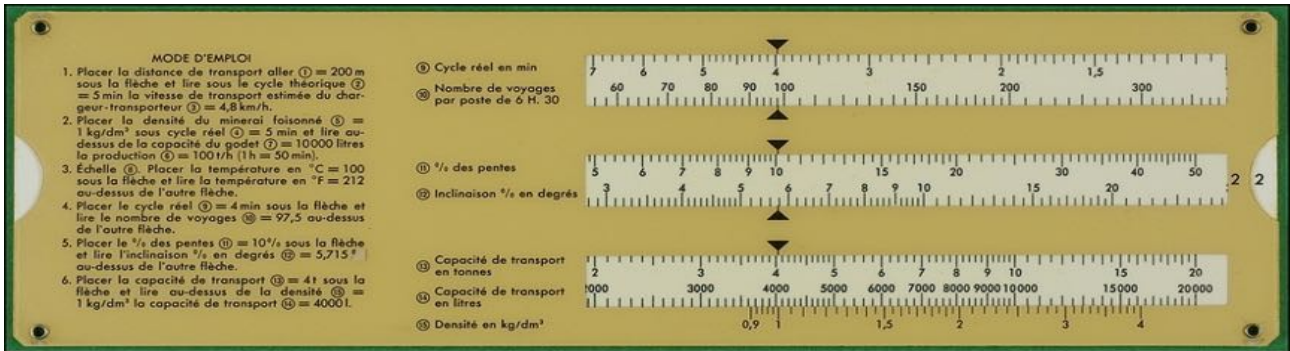
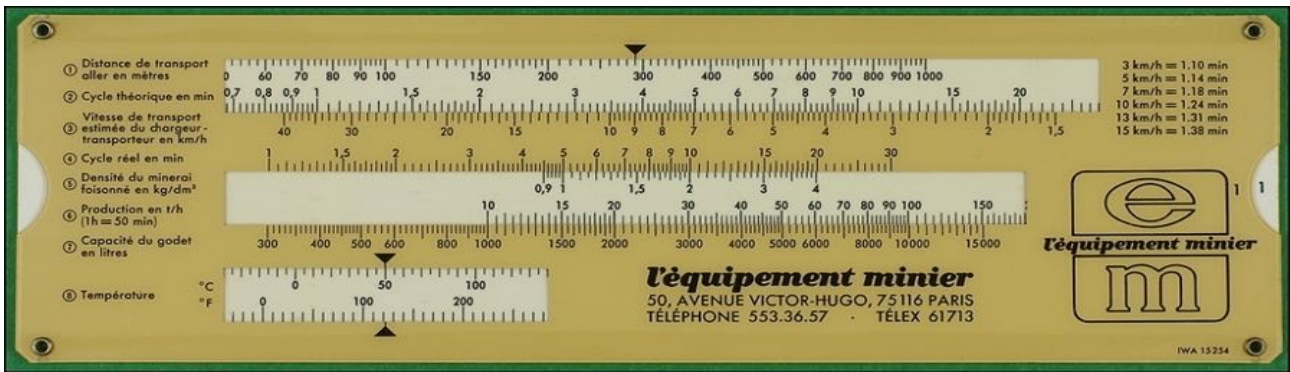
MODE D'EMPLOI :
Placer la capacité du godet ② sous le coefficient de remplissage ①. Placer le coefficient d'utilisation ④ de l'engin sous la durée d'un cycle ③. Lire sous le poids spécifique du matériau ⑤ le rendement de l'engin ⑥.

EXEMPLE : Chargement d'un camion

① Coefficient de remplissage : 1 (100% d'après la norme SAE)	④ Temps d'utilisation : 50 mn/h (temps effectif d'utilisation)
② Capacité du godet : 700 l = 0,7 m³	⑤ Poids spécifique : 1,5
③ Cycle : 26 sec.	⑥ Rendement = 80,8 m³/h soit 121,2 t/h



Règle à calcul fabriquée par IWA pour POCLAIR, tenant compte de la contenance du godet de la pelle mécanique, de la capacité du camion, de l'expansion des sols à excaver, de la durée du cycle, du temps effectif d'utilisation.



Un autre calculateur, réalisé aussi par IWA, pour L'EQUIPEMENT MINIER. Dans des conditions opérationnelles différentes, il visait à répondre aux mêmes préoccupations.

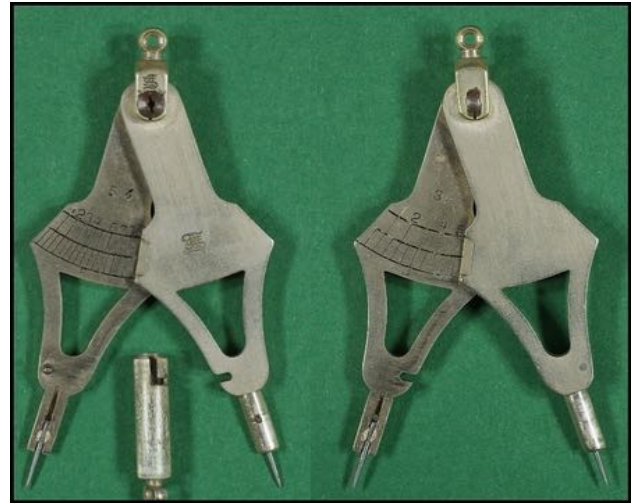
Les géographes, marins, randonneurs, cyclistes, touristes ou militaires avaient pour préoccupation de déterminer les distances séparant deux points, lieux, villages figurant sur des cartes et plan, soit en ligne droite (à vol d'oiseau) ou par un itinéraire routier, en estimant les distances réelles à parcourir.

Distance en ligne droite

Les compas ont généralement été utilisés.

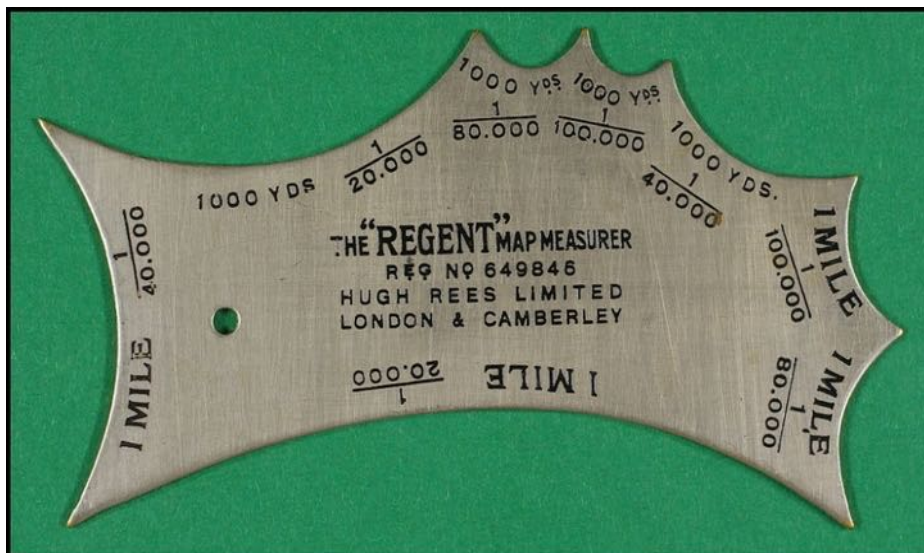


Certains permettent la lecture directe de la distance en fonction de l'échelle.



D'autres sont visibles au chapitre Compas

Parfois des instruments spécifiques ont été développés.

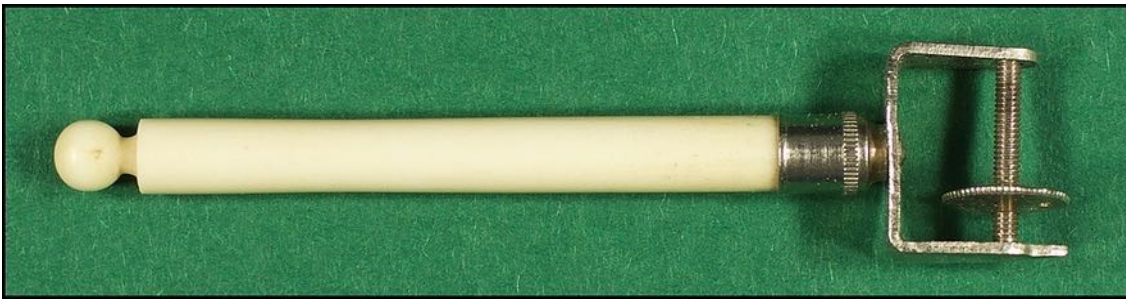


Distances routières

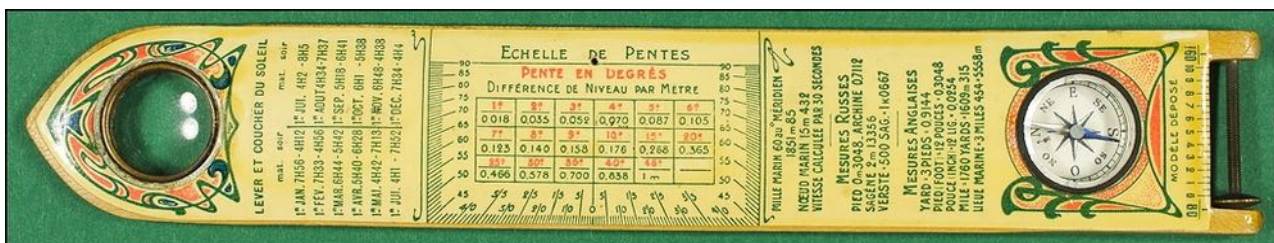
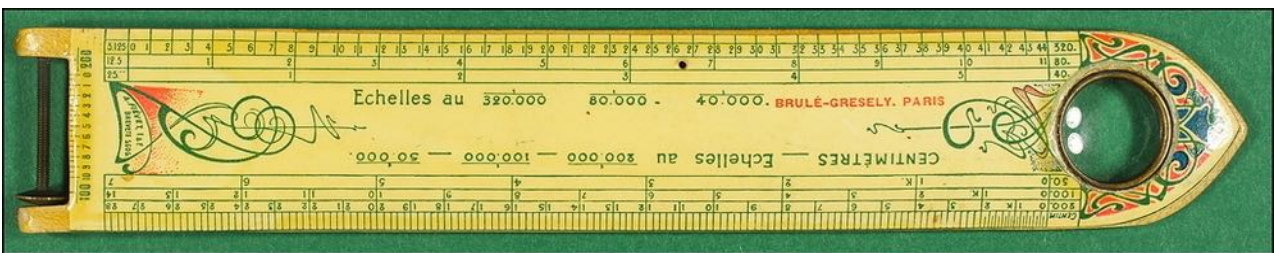
Un des premier instruments a été le campylomètre Gaumet, en voici un exemplaire signé MORIN, correspondant strictement à la description faite par F. Gaumet en 1879 (94mm)- Voir notice complète en annexe.



Un autre exemplaire simplifié provenant de la Société des Lunetiers (72 mm)



Un autre modèle, breveté par Albert Fiévet en 1901, combinait, sous forme d'un coupe-papier, un campylomètre, une boussole, une loupe, un rapporteur pouvant être muni d'un fil à plomb. Une première addition au brevet original 313295 prise en 1902 prévoyait aussi la forme planchette à pinules formant un instrument complet de topographie élémentaire. Il comportait aussi la signature de Brulé-Gresely.



Ces campylomètres simplifiés ne comportaient pas d'échelle graduée, après calage au point initial, il suffisait de suivre une route puis, en sens inverse, de suivre une échelle linéaire tracée en bord de carte jusqu'au retour au point initial et de lire la distance équivalente. Seul le certificat d'addition FR665E à été retrouvé (voir en annexe).

Des curvimètres appelés aussi Opisomètres, ont été aussi construits à cet usage, simple face ou double face, combinés avec des boussoles, avec un poussoir de remise à zéro ou pas, avec un anneau de préhension ou un manche, monochrome ou avec des échelles colorées, mécaniques ou avec un affichage numérique, d'innombrables modèles ont été fabriqués.



BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Maurice D'OCAGNE

Leçons sur la topométrie et la cubature des terrasses, suivi de trois annexes, Notions sommaires de Nomographie, Notions élémentaires sur la probabilité des erreurs et Instructions sur l'usage de la règle à calcul.

Gautier-Villars, 1910

Paul APPELL

Éléments d'Analyse mathématiques

Carré & Naud, 1898

Le problème géométrique des déblais et remblais

Mémorial des sciences mathématiques, 1928

Document en annexe

Barnabé BRISSON

Notice historique sur Gaspard Monge
Plancher, 1818

Charles DUPIN

Essai historique sur les services et les travaux scientifiques de Gaspard Monge
Bachelier, 1819

CAVALIER

Introduction au cours de construction
Ecole Impériale des Ponts et Chaussées, 1854-1855

Jules DUPUIT

Annales des Ponts et Chaussées N° 109, 1842
Document en annexe

F. GAUMET

Le Campylomètre
Chez l'auteur, 1879
Document en annexe