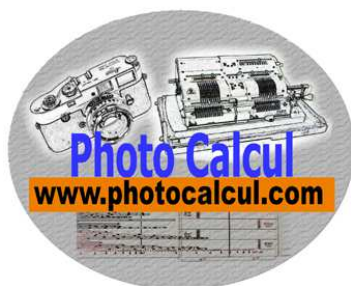
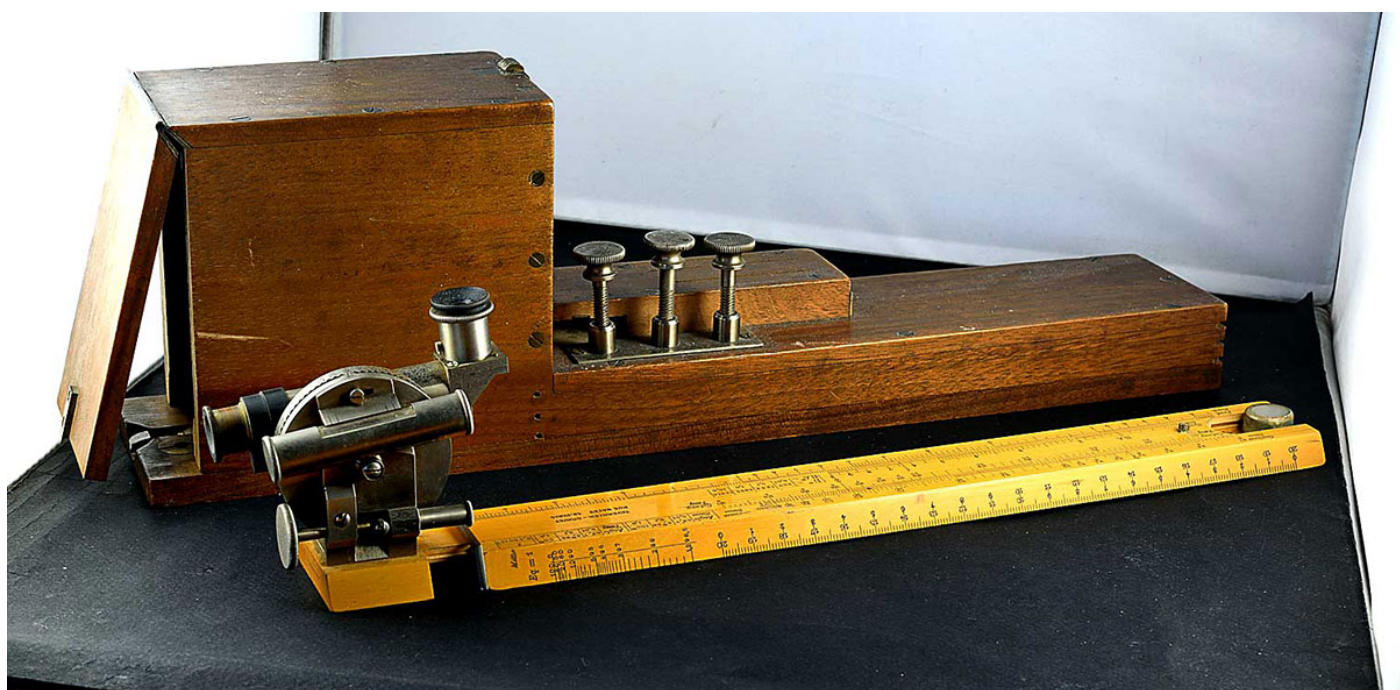


LAS REGLAS DE CALCULO TOPOGRAFICAS

EN FRANCIA

(Moinot, Goulhier, Graphoplex)



Gonzalo Martín Armendáriz



Junio 2022

INTRODUCCION

La primera regla de cálculo dedicada a la Topografía aparece a mediados del siglo XIX cuando la topografía, que ya existía desde tiempos inmemoriales, da un salto cualitativo gracias a la aparición de aparatos perfeccionados como el taquímetro, también llamado taqueómetro, utilizado en los levantamientos topográficos con la ‘estadía’ (mira topográfica). Las tablas empleadas al principio para los cálculos topográficos son rápidamente reemplazadas por reglas de cálculo especiales que, aunque menos precisas, son más fáciles de utilizar en los trabajos de campo.

En Francia, Moinot mejora el taquímetro de Porro e inventa una regla de cálculo, que tiene mucho éxito, inspirándose en las escalas logarítmicas utilizadas por Porro. Mas tarde el coronel Goulier crea otra regla de un tamaño más adecuado para las operaciones en el terreno, esta regla se adaptará al eclímetro; la regla de Goulier será finalmente modificada por Vallot. Estos tres modelos de reglas serán utilizados hasta mediados del siglo XX particularmente en el medio topográfico militar.

Las reglas de cálculo topográficas francesas de Goulier serán construidas principalmente por Tavernier-Gravet que también fabricará otras reglas para topógrafos de otros inventores (Sanguet, Bosramier) (Anexo 1).

En otros países otro tipo de regla será comercializado a partir de 1880 por Nestler, Aristo, Faber y diversos fabricantes [1]; este tipo de regla que utiliza las escalas $\sin x \cos$ y $\cos^2$ se convierte en el standard de “la regla para topógrafos”. Dicho modelo de regla no se fabricará en Francia antes del año 1952.

El presente trabajo que trata de las reglas topográficas francesas es un complemento del documento “Stadia or Tachymetrical Slide“ de O.E. van Poelje (2005) [2].

CRONOLOGIA

- 1845 Regla logarítmica J. Wild (Kern - Aarau)
- 1858 *Escala logarítmica de Porro*
- 1865 Regla logarítmica Moinot (edición 1)
- 1873 Regla del Topógrafo de Goulier
- 1873 Regla logarítmica Moinot (edición 2)
- 1875 Regla eclímetro Goulier
- 1888 Regla Sanguet para ‘Géomètres’
- 1892 Regla Bosramier para levantamientos topográficos
- 1900 *Regla Nestler n°28 UNIVERSAL*
- 1909 Regla del Topógrafo Goulier modificada por Vallot
- 1952 Regla Graphoplex N°630 ‘Géomètre’
- 1955 Regla Graphoplex N°670 ‘Géo-Polytechnique’

EL METODO WILD

J. Wild profesor de la 'Ecole Polytechnique de Zúrich' inventó el método 'Stadia Topographique' para realizar levantamientos topográficos utilizando la alidada a retícula. Describe su método en dos conferencias dadas en la Sociedad Técnica de Zúrich (1845 y 1847). Al mismo tiempo detalla la regla logarítmica especial que ha diseñado, es la primera 'regla de cálculo topográfica'; mas tarde publica una tabla de reducción especial para poder utilizar las reglas logarítmicas ordinarias de Gravet-Lenoir o de Tavernier.[3]

A principios del siglo XX surgieron otras versiones de esta regla con diversas escalas complementarias, como por ejemplo con una nueva escala de tangentes (1905).[4]

Las fórmulas taquimétricas se deducen del esquema de funcionamiento del instrumento topográfico utilizado. (Fig. 1)

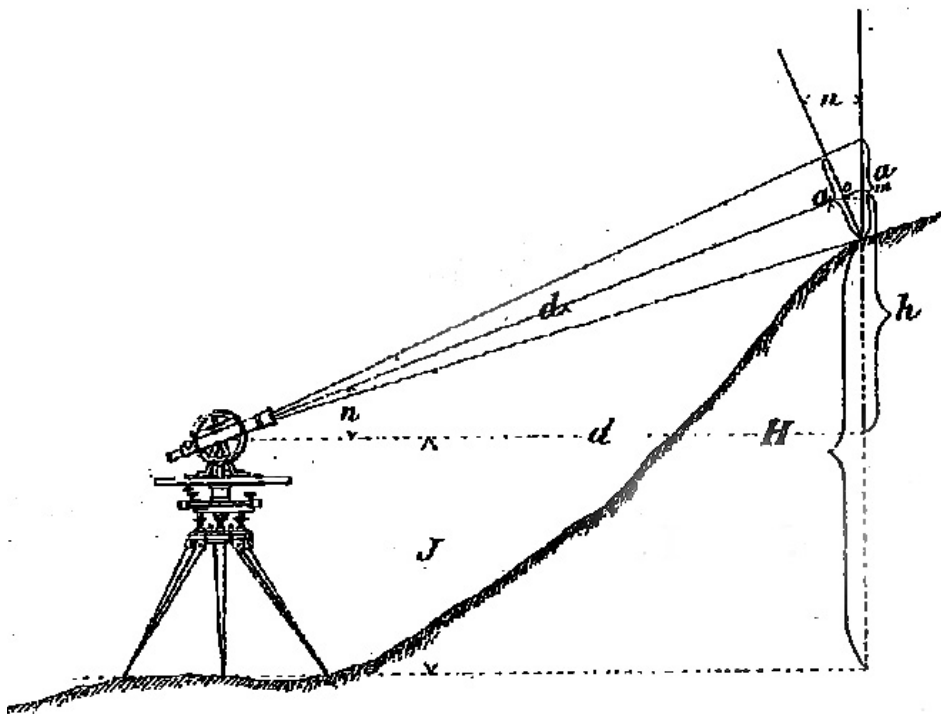


Fig. 1 El triángulo de medidas topográficas

Utilizando la mira en la posición vertical podemos aplicar las siguientes formulas:

$$d = g \cos^2 n$$

$$h = d \operatorname{tag} n = \frac{1}{2} g \operatorname{sen} 2n = g \operatorname{sen} (n) \cos (n)$$

g = número generador (lectura de la mira), **h** = Δ altura, **n** = ángulo vertical

d = distancia reducida al horizonte entre el punto de observación y el punto observado

El cálculo de la altura del punto objeto del levantamiento se efectuará en función del Δh .

La regla Eschmann-Wild (Fig.2) que medía 25 cm fue construida por Kern en Aarau (Suiza) [5]. El cuerpo llevaba una escala *log* de dos módulos, una escala $1/2(\sin 2n)$ de $0,48^\circ$ a 45° y una escala de corrección de esfericidad y de refracción de la Tierra; el cursor llevaba una escala $\cos^2$ de 0° a 40° . La regla se podía graduar en grados sexagesimales o centesimales. Esta regla no tenía el par de escalas C/D para efectuar multiplicaciones/divisiones.

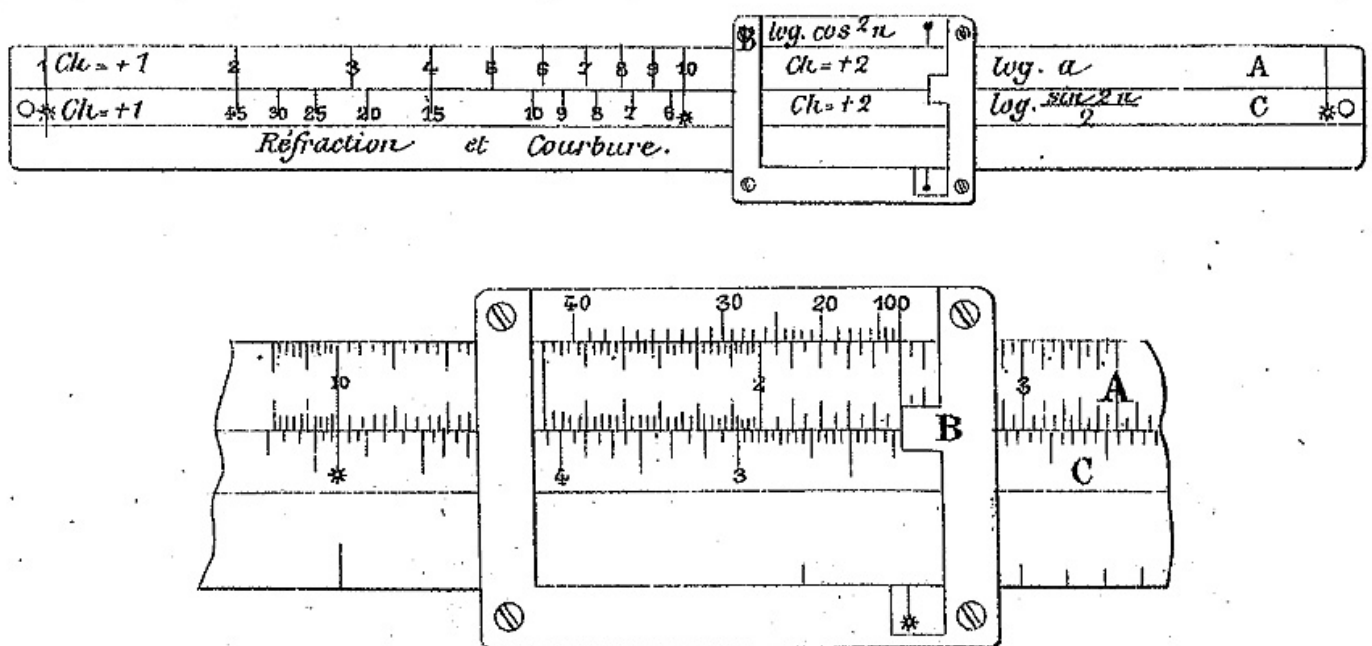
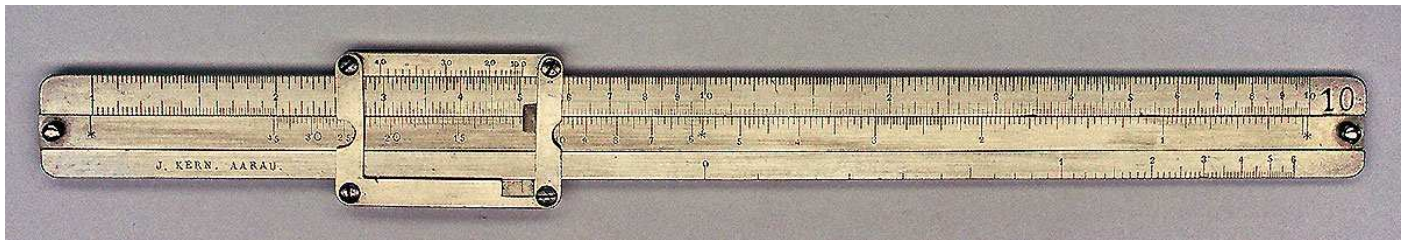


Fig. 2 La regla Wild

EL METODO TAQUIMETRICO DE PORRO

(ver «Las reglas de cálculo taquimétricas en España») [6]

El método taquimétrico para el levantamiento de planos fue inventado por el topógrafo PORRO hacia 1840. Los procedimientos taquimétricos fueron publicados por primera vez en Italia en 1849 y más tarde en Francia en los ‘Annales des ponts et chaussées’ (1852) [7] y evidentemente en el libro escrito por Porro ‘La Tachéométrie ou l’Art de lever des plans’ (1858). [8]

Este método se enseña en Francia desde 1850 en las escuelas del Estado Mayor, de ‘Ponts et Chaussées’ y de ‘Mines’.

Porro revolucionó los levantamientos de planos modificando los procedimientos utilizados hasta entonces al construir en Milán un taquímetro (Fig.3), aparato que no es más que un teodolito con dos círculos: el círculo horizontal (azimutal) que se puede orientar con la ayuda de una brújula declinatoria y el círculo vertical (cenital) que es solidario de un anteojo cuya retícula posee hilos estadimétricos.

Este montaje permite calcular directamente las distancias gracias a una mira graduada convenientemente, sin estar obligados a utilizar la cadena de agrimensor como se venía haciendo antes.

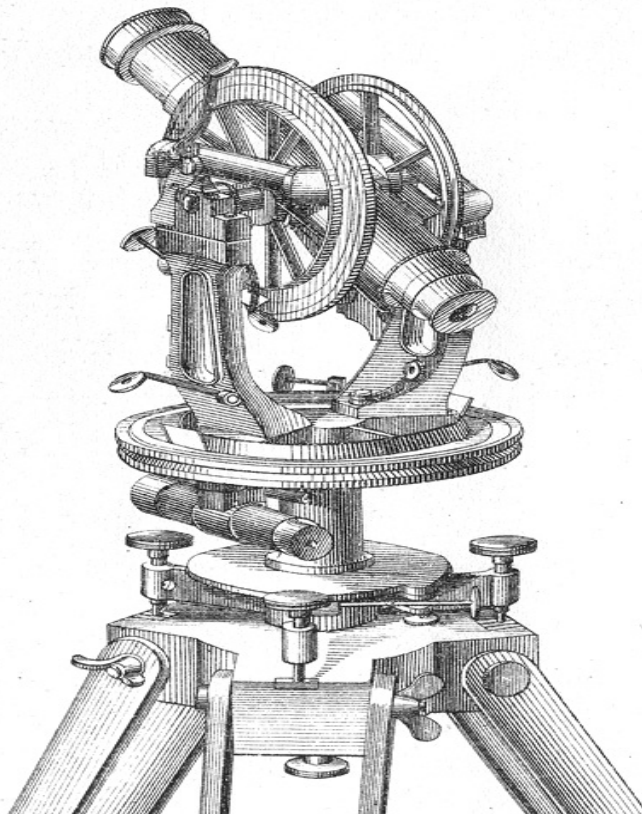


Fig. 3 Taquímetro Moinot
(Levée de plans à la Stadia 1877)

Porro era consciente de las dificultades que podían obstaculizar la aceptación del nuevo método, entonces aconsejó el uso de escalas logarítmicas para efectuar los cálculos. En su libro sobre la Taquimetría [8] indica como organizar y utilizar las siguientes escalas:

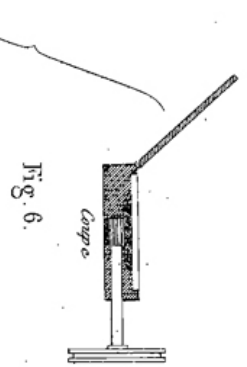
- Escalas de números (logaritmos de distancias).
- Escalas de senos cuadrados (distancias reducidas al horizonte).
- Escalas de senos (coordenadas x, y).
- Escalas de tangentes (cálculo de desniveles).

Sugirió que las escalas se dibujaran en un soporte rígido (cartón, placa metálica) (Fig.4) y se utilizaran con un compás de puntas o que se grabaran en una regla de cálculo, en este caso se simplificarían las operaciones y la exactitud sería mayor, ya que debido a la disposición de sus escalas con una sencilla manipulación de la regla de cálculo se obtiene la resolución de las cuatro fórmulas taquimétricas que descubriremos más adelante.

También recomendó que se utilizaran tablas numéricas calculadas de antemano a pesar de que los resultados se consiguen con menos rapidez que con la regla logarítmica.



Fig. 4 Regla de Porro (Annales des Ponts et Chaussées 1852)



A continuación se exponen las fórmulas taquimétricas demostradas por Porro en su libro [8], con ellas se calculan las coordenadas **x**, **y**, **z** así como la distancia **d**, reducida al horizonte, entre el punto de observación y el punto observado cuando la mira está colocada verticalmente. (Anexo 2)

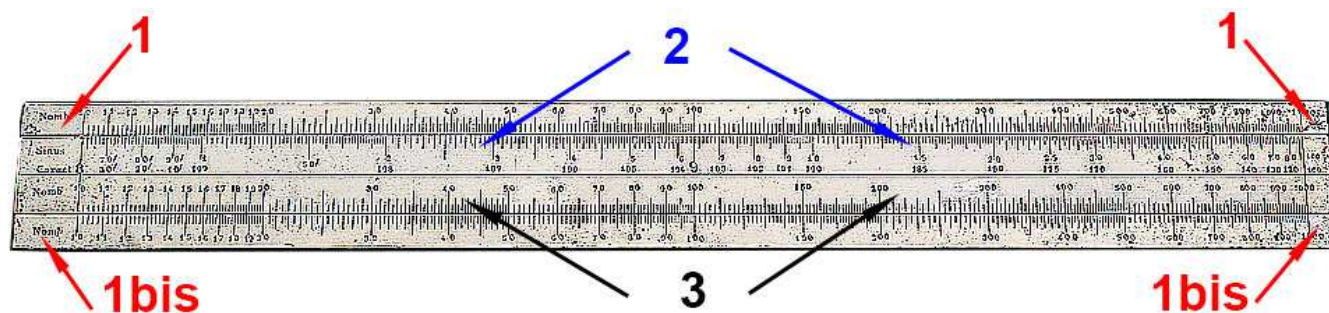
$$\begin{aligned}d &= g \operatorname{sen}^2 \varphi \\z &= d \cot \varphi - h \\x &= \operatorname{sen} \theta \\y &= \cos \theta\end{aligned}$$

La distancia reducida al horizonte y la diferencia de nivel entre el punto donde se sitúa el instrumento de medida y el punto objeto del levantamiento se calculan fácilmente sirviéndose de las fórmulas que cada constructor aconseja según sean las escalas de su regla y el tipo de instrumento de medida utilizado (taquímetro, eclímetro...) (Anexo 3)

LA REGLA LOGARITMICA DE MOINOT

El ingeniero I. Moinot edita en Francia su libro ‘Levés de Plans à la Stadia’ (1865) [9]. En este libro describe una regla de cálculo portadora de las escalas taquimétricas de Porro. (Anexo 4)

La segunda edición del libro (1873) enseña la misma regla (Fig.5) pero con una modificación que consiste en la introducción de una segunda escala de senos cuadrados y de una escala de partes iguales en el mismo lado de la reglilla. El constructor de esta regla, de 40 cm, es M. Richer, gran constructor de instrumentos científicos.



Escalas en el reverso de la reglilla:

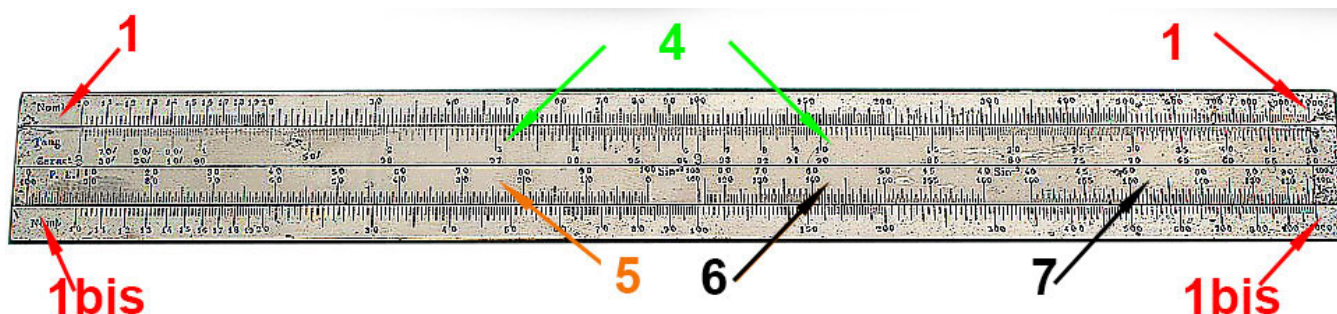


Fig. 5 Regla de Moinot

La regla de cálculo Richer-Moinot tiene un aspecto clásico con una parte fija y una reglilla que se desliza en su interior gracias a una ranura; no necesita cursor. (Fig. 5).

En la parte fija se colocan dos escalas idénticas de los números (1 y 1bis) que ocupan dos módulos logarítmicos cada una.

La reglilla lleva en la parte superior (2) de una de las caras las escalas de senos (0,637g a 100g) y en la parte inferior la escala de números (3).

La otra cara de la reglilla lleva en la parte superior la escala de tangentes (0,637g a 50 g) (4) y en la parte inferior las dos escalas (6-7) de senos cuadrados (40g à 100g) junto a la escala de partes iguales (0-100) (5).

La escala de senos cuadrados sirve para el cálculo de distancias, la de senos sirve para los cálculos de coordenadas rectangulares y la de tangentes se utiliza para el cálculo de alturas, la escala de partes iguales sirve para determinar los logaritmos de los números. El error medio se estima en 1/600. (Manual en el Anexo 4)

LAS REGLAS DE CALCULO ‘CLASICAS’ Y LA TOPOGRAFIA

REGLAS « SOHO », « MANNHEIM », « BEGHIN »

Todos los autores de tratados de topografía estiman que estas reglas no son lo suficientemente precisas para los cálculos topográficos. El coronel Goulier considera que el error medio de una regla Mannheim es del $1/300$ en el caso del producto de dos números llegando este error a ser del $1/200$ si se multiplica un número por una función trigonométrica. [10]

Además la ausencia de las escalas $\sin^2$, $\cos^2$, $\sin x \cos$ en las reglas “clásicas” significa que hace falta una operación suplementaria, con respecto a las reglas ‘de topografía’, para efectuar los cálculos de las formulas de Porro o del método Wild. No obstante, Goulier justifica el uso de una regla Mannheim en los levantamientos de pequeña escala a condición de efectuar los cálculos ayudándose de las tablas numéricas de la función $\sin^2$.

Respecto a la regla Beghin comercializada a partir de 1899 cuando ya estaban en venta muchos modelos diferentes de reglas topográficas, Beghin no debió de pensar que su regla fuera adecuada para los cálculos topográficos y en consecuencia no enseñó ningún ejemplo de aplicación topográfica en el manual de su regla, cuando no dudó en mostrar ejemplos de cálculo de Navegación, Industria Textil o Mecánica Aplicada, entre otros.

LAS REGLAS DE CALCULO TOPOGRAFICAS DEL CORONEL GOULIER

Charles Goulier (1818-1891) nace en Richelieu (Francia) en una familia modesta. Estudia en la ‘Ecole Polytechnique’ y en la ‘Ecole d’application de l’Artillerie de Metz’ acabando sus estudios en 1840. Le nombran profesor de Geodesia y de Topografía en 1844 en la Escuela de Artillería de Metz y más tarde en la Escuela de Fontainebleau hasta 1875.

Al jubilarse de su vida militar en 1878 se crea, especialmente para él, el puesto civil de ‘Conservador del Depósito Central de Instrumentos de Precisión’ del servicio del Cuerpo de Ingenieros donde ejercerá prácticamente hasta su fallecimiento en 1891.

Este puesto le permitirá dedicarse plenamente a sus trabajos sobre los instrumentos de topografía, creando y perfeccionando numerosos instrumentos: regla de cálculo topográfica, regla eclímetro, brújula Goulier, alidada holométrica, nivel con colimador, así como la redacción de instrucciones técnicas. [11]

- LA REGLA DEL TOPOGRAFO

En 1873 el coronel Goulier imagina una regla de cálculo (Fig. 6) utilizable fácilmente en el terreno. Basándose en la regla Mannheim crea una regla con las mismas dimensiones, pero dobla la longitud de las escalas disminuyendo de esta manera de mitad el error medio del resultado que pasa entonces a ser de $1/600$ en lugar de $1/300$. Esta regla que se llama ‘regla del Topógrafo’ (Anexo 5) va a ser adaptada con algunas modificaciones a la regla eclímetro.

Utilizada en los levantamientos de gran escala (1/2000 y superiores) realizados con un taquímetro y con una mira 'euthymètre' (*) en vez de la mira vertical, esta regla no tiene las escalas sen^2 y cos^2 ya que son inútiles en las fórmulas utilizadas, que son: [12]

$$d = g \cos n \quad \text{et} \quad h = d \tan n$$

* euthymètre (mira perfeccionada por Goulier que lleva una tablilla perpendicular a la visual del operador)

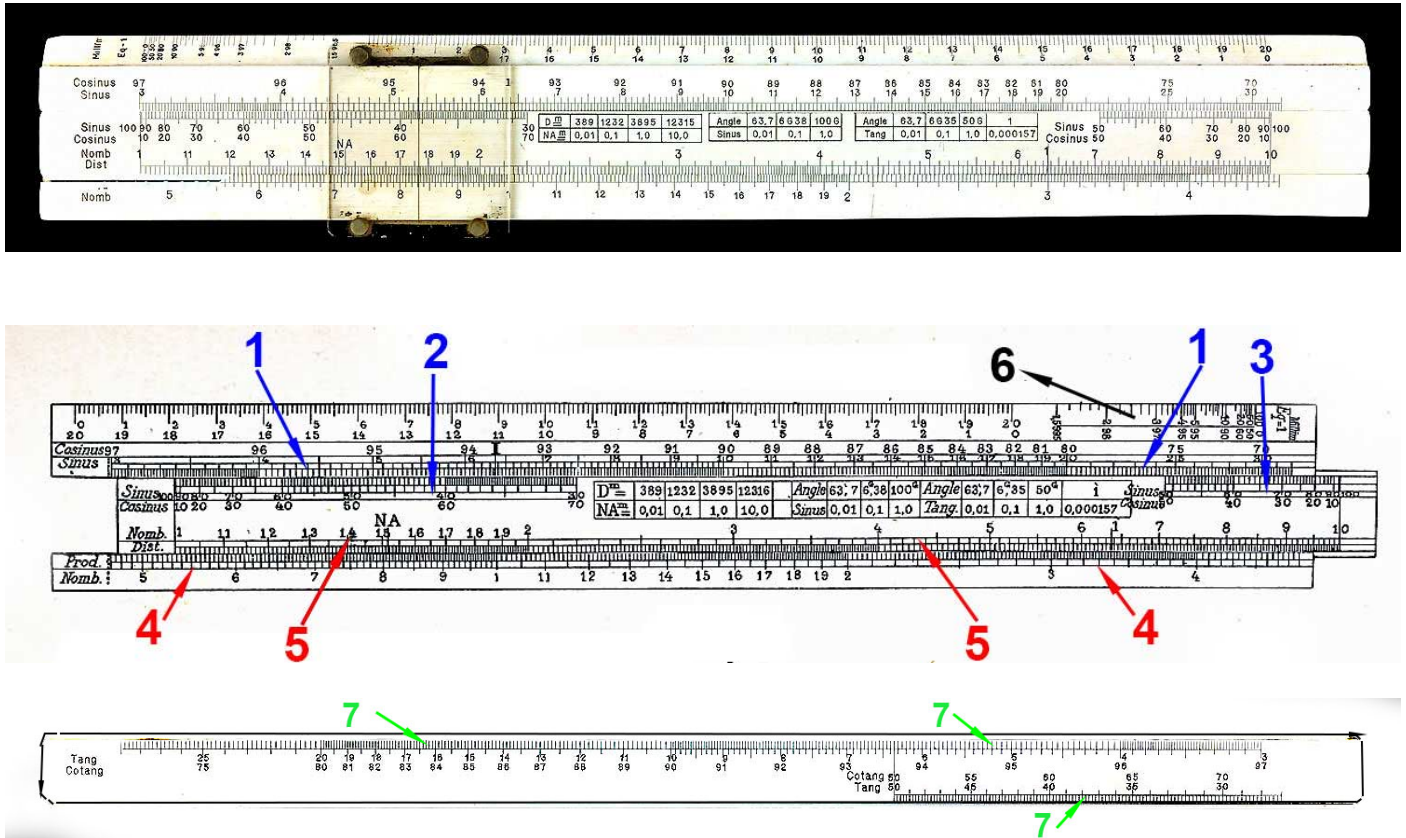


Fig. 6 Regla del Topógrafo de Goulier

La regla del Topógrafo tiene las escalas logarítmicas siguientes:

- 1 Escala Senos/Cosenos de 3g à 32g
- 2 Escala Senos/Cosenos de 30g à 100g
- 3 Escala Senos/Cosenos de 50g à 100g
- 4 Escala Números/Distancias de 1 à 10, pero con el origen desplazado en 0,047 que es el seno del ángulo de 3 grados. Dicha escala tiene un módulo de 25 cm.
- 5 Escala Productos/ Números de 1 à 10
- 6 Escala de equidistancia de las curvas de nivel (separación de las curvas)
- 7 Escala Tangentes/Cotangentes de los ángulos de 3g a 50g cuya lectura se efectúa en una escotadura situada en el reverso de la regla

Los senos y tangentes son considerados iguales para los ángulos inferiores a 3g y no están representados en las escalas.

Dos tablas están presentes en la reglilla, la primera para determinar la posición de la coma en los cálculos con ángulos inferiores a 3g y la segunda para el cálculo de los errores de nivel aparente.

La regle posee estos indicadores especiales:

« 1 » en 6,38 en la escala de senos de la regla, indica el arco cuyo seno es igual a 0,1.

« 1' » en 6,636 de la reglilla, escala inferior, utilizado para los ángulos inferiores a 3g.

« NA » en 15,17 de la reglilla para determinar el error de nivel aparente.

- LA REGLA ECLIMETRO « GOULIER »

Esta regla (Anexo 6) conviene para los levantamientos de mediana y pequeña escala (1/5000 e inferiores). Las escalas son las mismas que las de la “regla del Topógrafo” pero de una longitud mitad (Fig. 7). El error se convierte en 1/300.

Un extremo de la regla de cálculo sirve de soporte a un eclímetro, en consecuencia la disposición de las escalas ha sido modificada para adaptarse a las características del instrumento. (Fig. 8)

La regla eclímetro se utiliza con una plancheta topográfica y con una mira sobre la que se dirige la visual correspondiente, se obtiene así la pendiente y la distancia al punto observado. Vamos a interesarnos únicamente a la regla de cálculo ya que el instrumento ‘eclímetro’ está perfectamente explicado en numerosos artículos. [13] [14] [15]

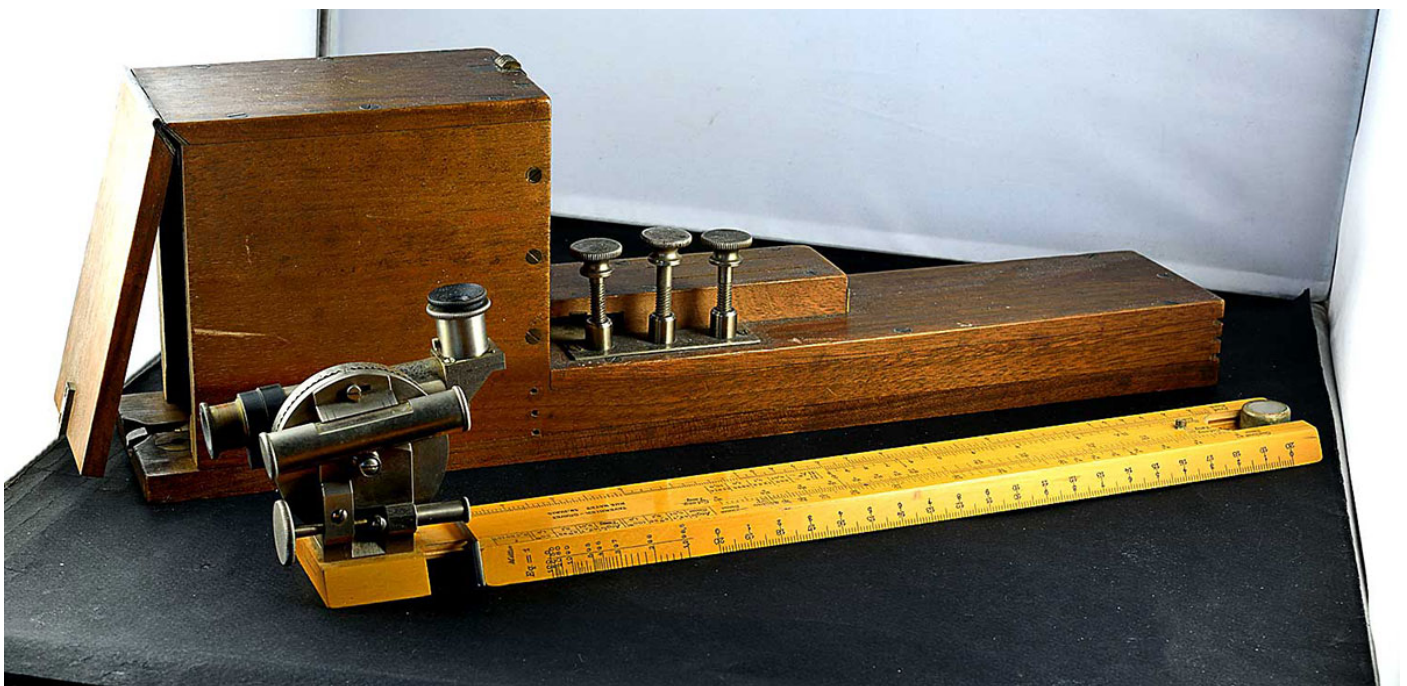


Fig. 7 Regla Eclímetro Goulier

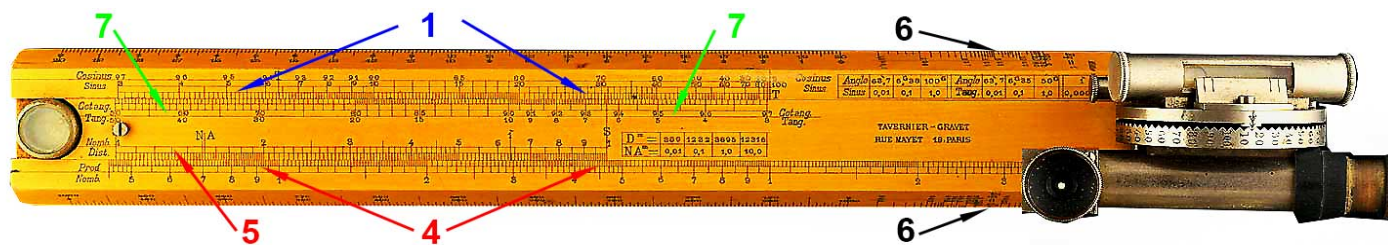


Fig. 8 Regla Eclímetro Goulier

Modificación de las escalas con respecto a la regla del Topógrafo:

- 1 Escala Senos/Cosenos de 3g à 100g, entera, situada en la parte superior de la regla.
- 4 Escala Números/Productos de 4,7 à 50, el módulo se prolonga hacia la derecha
- 5 Escala Números /Distancias de 1 à 10, pero solo mide la mitad 12,5 cm
- 6 Escala de equidistancia de las curvas de nivel (separación 1mm y 2 mm de las curvas)
- 7 Escala des Tangentes/Cotangentes de 3g à 50g, pasa del reverso de la reglilla a su parte superior con una longitud idéntica a la escala de senos.

Los indicadores 1, 1', NA son idénticos, las tablas 'posición de la coma' y 'error nivel aparente' son los mismos, pero están situados diferentemente.

La regla eclímetro se utiliza de la misma manera que la regla del Topógrafo.

LA REGLA DEL TOPOGRAFO « GOULIER » MODIFICADA POR H. VALLOT

“El ingeniero Henri Vallot (1853-1922) fue durante mas de 30 años asociado a las empresas de su primo Joseph Vallot, científico, actor y mecenas de la aventura sabia del Mont-Blanc. Actor principal en un enfoque científico y técnico más preciso de la cartografía topográfica, Henri Vallot desarrolló métodos sobre el terreno y perfeccionó los instrumentos. Ampliando el campo de sus actividades de la cartografía a la planificación de la montaña participó en la construcción de refugios, en la creación de senderos, etc. Sus mapas a través de las guías Vallot han sido utilizados por varias generaciones de alpinistas.”

Resumen del libro ‘Henri Vallot - L'arpenteur du Mont-Blanc (1853 – 1922) [16]

En 1909 Henri Vallot modificó la regla de Goulier (Anexo 7) con el objetivo de facilitar las lecturas y hacerlas más rápidas manteniendo la precisión del 1/600, además la nueva regla era más económica como indica el texto impreso en el reverso de la regla. (Fig. 9)

Colocó en una sola escala los valores de los senos de la regla de Goulier que en ella estaban en varios tramos. La escala de tangentes deja la parte trasera de la reglilla para situarse en la parte delantera, estas dos escalas tienen la misma longitud y se disponen en una regla que mide 31 cm en lugar de los 26 cm de la regla del coronel Goulier.

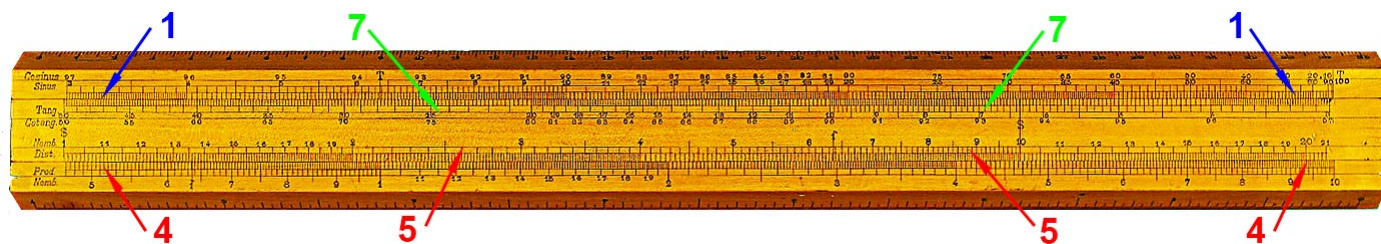


Fig. 9 Regla del Topógrafo 'Goulier' modificada por Vallot

Modificación de las escalas con respecto a la regla de Goulier:

- 1 Escala Senos/Cosenos de 3g à 100g, situada en la parte superior de la regla
- 4 Escala Números/Productos, desplazada a 0,047 se extiende hasta el valor 10
- 5 Escala Números/Distancias, prolongada hasta el valor 21, el módulo mide 25 cm
- 7 Escala Tangentes/Cotangentes de 3g à 50g, en la parte superior de la reglilla

La escala para el cálculo de la equidistancia de las curvas de nivel desaparece, así como las tablas de corrección (coma, NA).

Los ángulos inferiores a 3g no están representados como en la regla de Goulier.

La regla lleva los siguientes indicadores:

- «T» entre 6g35 y 6g40 de la escala Senos
- «T» trazo 100 escala Senos, enfrente del «10» de la escala Números/Productos (4)
- «1» en 63,7 de la escala Números/Productos (4)
- «1'» en 63,7 de la escala Números /Distancias (5)
- «S» trazo 50 de la escala Tangentes; enfrente del «1» de la escala Números /Distancias (5)
- «S» entre 6g30 et 6g35 de la escala Tangentes

Las instrucciones para el uso de la regla 'modificada' están impresas en el reverso de la regla y se pueden consultar en varios libros [17]. Vallot también ha previsto la resolución de las fórmulas utilizadas cuando la mira se coloque verticalmente, es decir las fórmulas **L cos²** y **L sen x cos**, a pesar de que su regla no contiene las escalas correspondientes, de hecho dichos cálculos requieren una doble operación de la regla que se puede evitar utilizando las siguientes fórmulas:

$$\underline{L \sin a \times \cos a = L/2 \sin 2a} \quad \text{y} \quad \underline{L \cos^2 a = L/2 + L/2 \cos 2a}$$

LA REGLA SANGUET

Joseph-Louis Sanguet (1848-1921) ingeniero topógrafo fue un creador de instrumentos topográficos, principalmente del taquímetro auto-reductor (Fig. 10) hacia 1870 [18] y de "la regla para el uso de agrimensores" en 1888. (Fig.11)

La regla especial topográfica ya no es necesaria con este nuevo taquímetro debido a que el instrumento calcula automáticamente la distancia reducida al horizonte así como la pendiente del punto objetivo.

La diferencia de nivel se obtiene multiplicando la distancia reducida por la pendiente.

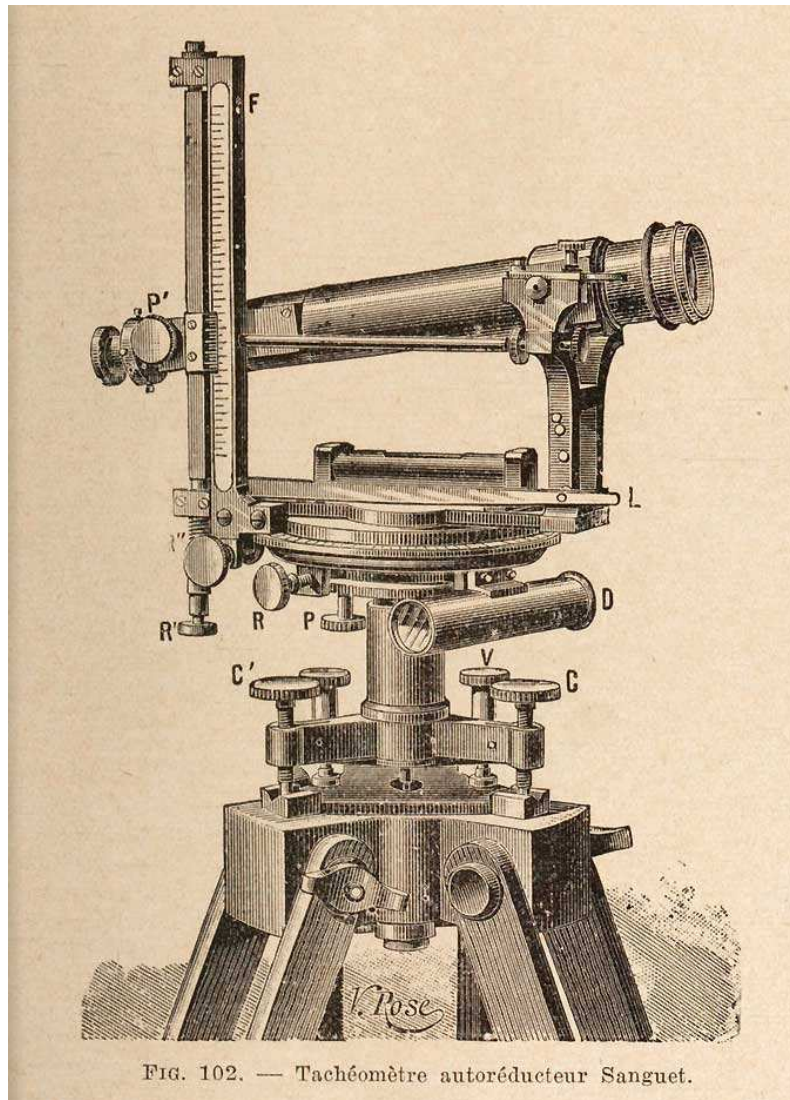


Fig. 10 Taquímetro auto reductor Sanguet

La regla de cálculo Sanguet (Anexo 8) "establecida particularmente para agrimensores y topógrafos" y construida por Tavernier-Gravet no es una regla como las anteriores constituidas de las escalas específicas Senos, Tangentes (3g a 100g) y de índices para los cálculos de las diferentes fórmulas utilizadas en taquimetría.

La regla Sanguet es sin embargo una regla Mannheim con las escalas clásicas A-D en la regla y B-C en la reglilla. El reverso de la reglilla lleva una escala de Senos (6,1g a 100g) y una escala de Tangentes (6,1g a 50g).

Los índices S y T se utilizan en los cálculos con ángulos inferiores a 6g. La marca V (2,85) sirve en algunos casos para la resolución de triángulos como se indica en el manual.[19]

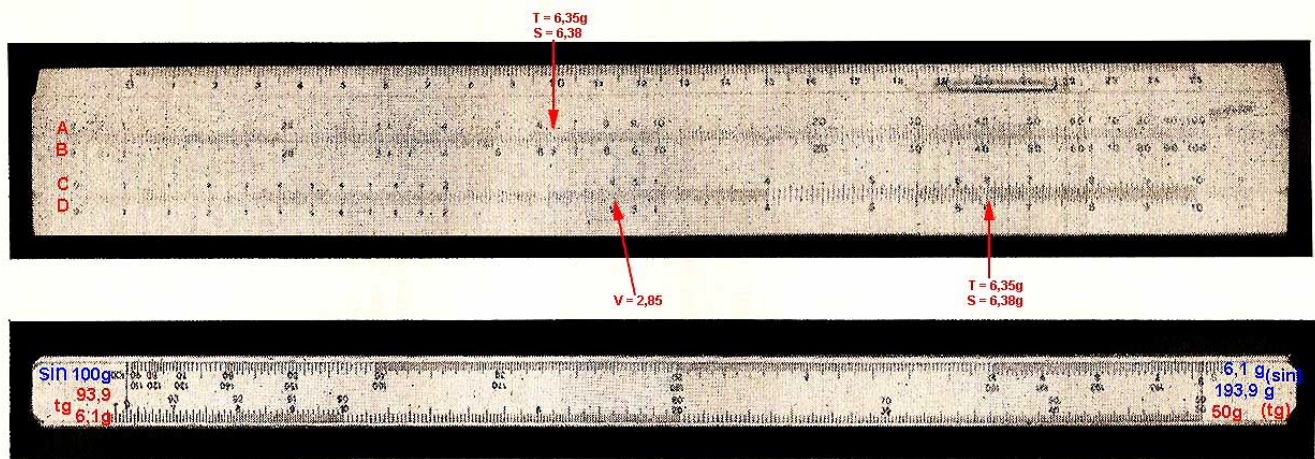


FIGURE 7. — La règle Sanguet pour géomètre et topographes. — Au-dessous, le verso de la règle et ses échelles S et T (document Tavernier-Gravet).

Fig. 11 La regla Sanguet

Las instrucciones de esta regla no mencionan las fórmulas taquimétricas que se encuentran en las reglas estudiadas anteriormente como el cálculo de la distancia, del desnivel, etc. sino que después de revisar el manejo de la regla para operaciones aritméticas el autor expone la resolución de algunos problemas comunes que los agrimensores pueden encontrar en el ejercicio de su profesión: conversión de grados centesimales en grados sexagesimales y viceversa, verificación de las medidas del levantamiento de un plano, trazado de curvas circulares en el terreno, división de triángulos por paralelas a la base, problemas de resolución de triángulos,...

LAS REGLAS TAQUIMETRICAS BOSRAMIER

Conocemos dos modelos de la regla taquimétrica inventada por Bosramier, un modelo de 1893 y otro de 1905.

- LA REGLA BOSRAMIER de 1893

S. Bosramier, inspector principal de Puentes y Caminos, encargó a Tavernier-Gravet la construcción de una regla de cálculo 'modificada', así como de una variante de la misma con escalas especiales para los levantamientos con taquímetro (Fig. 12), también escribió un manual muy detallado de las instrucciones de las dos reglas [20]. Vamos a describir la regla “adaptada a los cálculos taquimétricos” variante que se diferencia de la primera por las escalas en el reverso de la regla.

La disposición de las escalas es bastante particular, el frente de la regla está dividido en dos partes, la izquierda (A) reservada para multiplicaciones y divisiones, la derecha (B) para cuadrados y raíces.

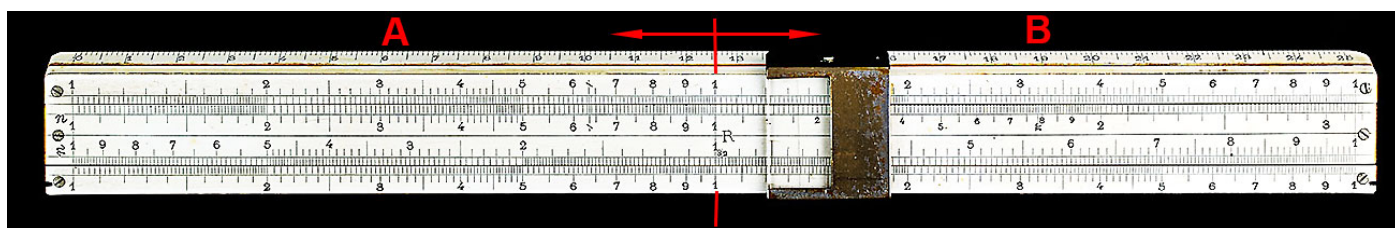


Fig. 12 Regla Bosramier

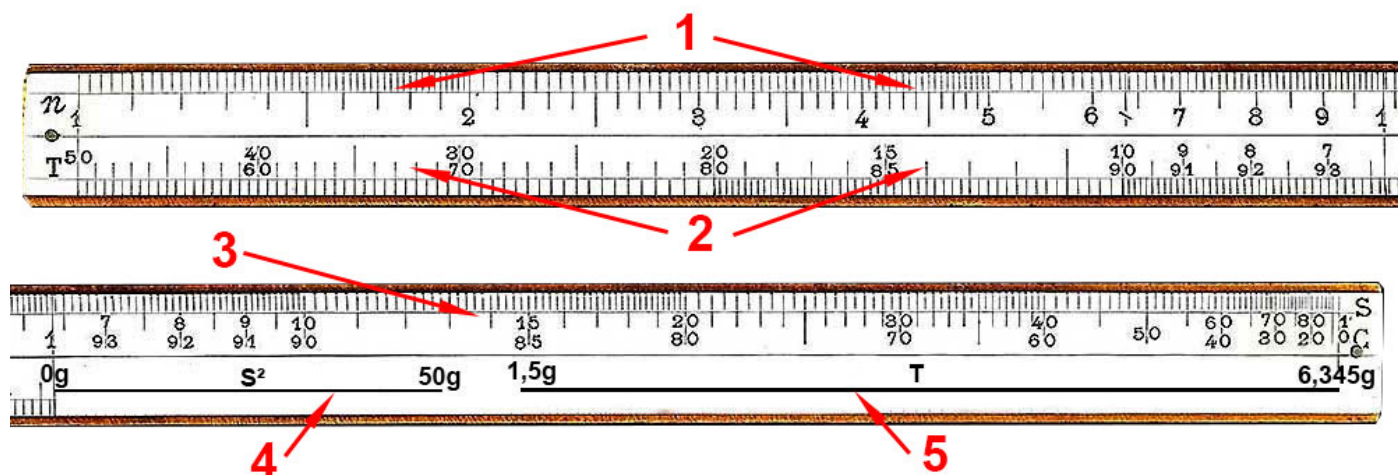


Fig. 13 Reverso de la reglilla de la regla Bosramier (1893)

El reverso de la reglilla (Fig. 13) lleva una escala logarítmica n (1), una escala de tangentes T (2) de 6,345g a 50g, una escala de senos S (3) de 6,377g a 100g, una escala de secantes S^2 (4) de 0g a 50g y una escala suplementaria de tangentes T (5) de 1,5g a 6,345g.

La marca « \ » se utiliza con los ángulos inferiores a 3g como indica el manual.

En cuanto a los cálculos taquimétricos, la regla utiliza la función $\sec^2$ en lugar de $\cos^2$ en la fórmula de la distancia reducida al horizonte ya que $d = D \cos^2 I = D / \sec^2 I$.

La diferencia de nivel se obtiene con la fórmula $h = d \tan I$.

La ventaja de esta disposición es la siguiente, según el manual de Bosramier: [20]

“La regla de cálculo está dispuesta de tal manera que las cuatro cantidades d , x , y , z se encuentran con un único desplazamiento de la reglilla si el ángulo $I < 6g345$, que es el caso ordinario.”

- LA REGLA BOSRAMIER de 1905

Disponemos de un ejemplar de la regla Bosramier de 1905 (Anexo 9), también construida por Tavernier-Gravet. Las escalas del frente de la regla/reglilla son idénticas a la regla descrita anteriormente. Sin embargo, la parte posterior de la reglilla es ligeramente diferente como se muestra en la siguiente imagen (Fig. 14).

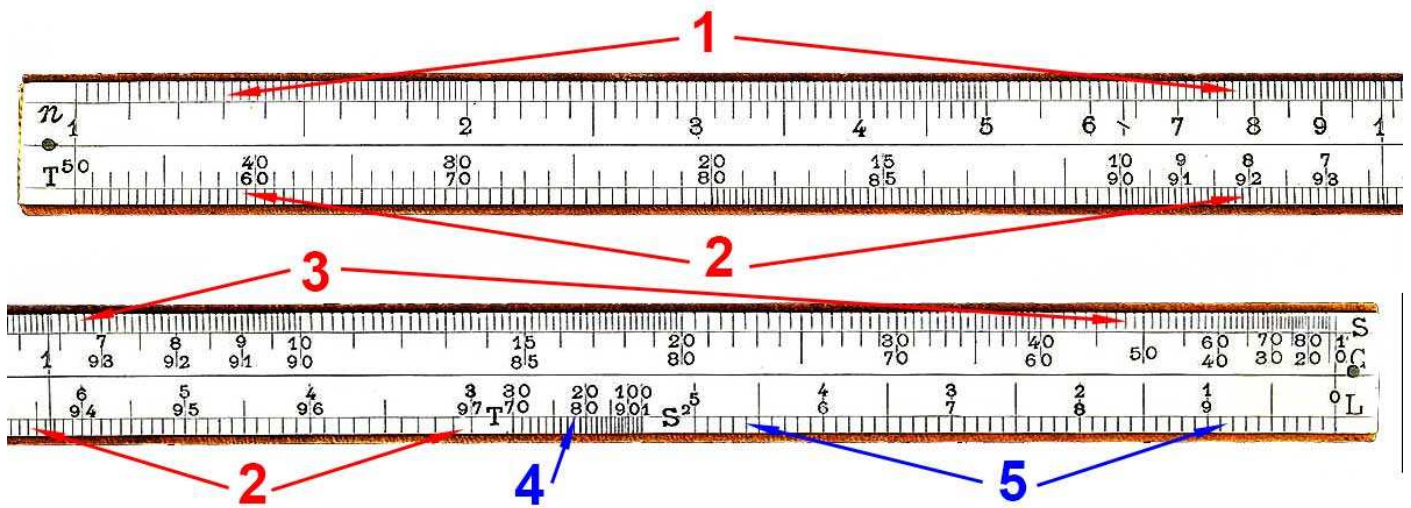


Fig. 14 Reverso de la reglilla de la regla Bosramier (1905)

Si la comparamos con la regla Bosramier de 1893 observamos que:

Las escalas n (1) y $Senos$ (3) son idénticas; la escala T (2) se extiende hacia la derecha empezando en 3g; la escala S^2 (4) es más corta, solo cubre los ángulos de 30g a 100g y la parte inferior derecha de la reglilla tiene una escala L (5) de logaritmos.

No tenemos las instrucciones correspondientes de esta versión.

LAS REGLAS GRAPHOPLEX PARA TOPOGRAFOS

Graphoplex fue el primer gran fabricante francés en comercializar reglas de cálculo para topógrafos basadas en las escalas $\text{sen} \times \cos$ y $\cos^2$, escalas que se introdujeron, por ejemplo, alrededor de 1900 con la regla Universal de Nestler.

Las reglas de cálculo «del topógrafo» tipo Goulier y las otras reglas existentes en Francia antes de la aparición de la empresa Graphoplex no serán nunca comercializadas por este último fabricante que solamente ofrecerá hacia 1950 dos modelos topográficos: el 630 y el 670.

- LA REGLA GRAPHOPLEX N° 630 « GEOMETRE-TOPOGRAPHE »

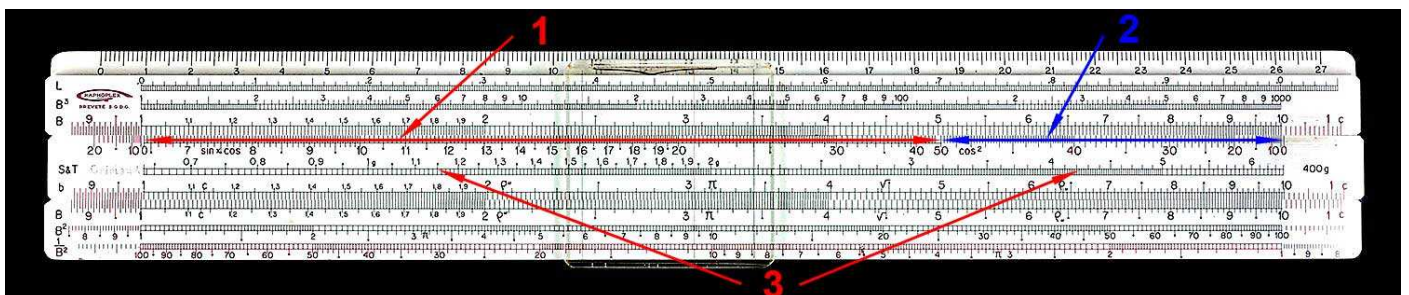


Fig. 15 Regla Graphoplex 630

Se trata de una regla tipo Rietz (Anexo 10) con tres escalas adicionales específicas para los cálculos topográficos ubicadas en el frente de la regla. Son las siguientes:

Escala $\text{sen } x \cos$ (1) de 0g a 50g, escala $\cos^2$ (2) de 50g a 0g dibujada en la misma línea y la escala $S\&T$ (3) para calcular el producto $\text{sen } x \cos$ de ángulos pequeños (0,635g a 6,4 g). Esta última escala que se encuentra en la parte posterior de la regla es ligeramente diferente, hasta 4g, de la habitual sin & tag.

Las fórmulas taquimétricas utilizadas son:

Distancia reducida $D = g.\cos^2 I$ - Diferencia de nivel $Z = g.\sin I \times \cos I$
Siendo g = el número generador e I el ángulo de la pendiente

El manual de esta regla [21] muestra, además de los ejemplos de las fórmulas D y Z citadas, la solución de algunos problemas comunes de la profesión topográfica tales como: reducción de distancias al horizonte por medición directa de longitudes, sensibilidad de avistamiento, longitud de visualización ficticia, cálculo del nivel aparente.

- LA REGLA GRAPHOPLEX N° 670 « GEO-POLYTECHNIQUE »

Frédéric Grelaud, autor de un "Tratado de Nomografía" y del "Baremo del técnico forestal" es un topógrafo experto que en 1955 inventó una regla de cálculo bastante compleja donde están presentes las escalas $\cos^2$, $\text{sen } x \cos$ para realizar cálculos topográficos.

Existen dos modelos: el 'simplificado' que se presenta en este trabajo (Anexo 11) y otro modelo que lleva además otras escalas especiales para realizar cálculos financieros.



Fig. 16 Regla Graphoplex 670

Las escalas correspondientes a los cálculos taquimétricos se encuentran en el reverso de la reglilla (Fig. 16); por lo tanto, es necesario dar la vuelta a la reglilla y volverla a colocar en su sitio para realizar los cálculos. Estas escalas son:

Escala $\text{sen } x \cos$ (1) de 0g a 50 g, escala $\cos^2$ (2) de 50g a 0g y escala $\text{sen } x \cos$ (3) de 0,6 g a 6,5 g para calcular con ángulos pequeños.

Además de los cálculos taquimétricos definidos por las fórmulas vistas en el modelo 630, el manual del modelo 670 [22] muestra muchos ejemplos de los problemas que deben resolver los topógrafos: cálculo de coordenadas rectangulares, cálculo de la distancia entre dos puntos cuyas coordenadas rectangulares se conocen, nivelación de secciones transversales con un clisímetro, verificación de levantamientos realizados por abscisas y ordenadas, etc.

Un cierto número de marcas en el cursor facilitan todo tipo de cálculos como **Na** (corrección de esfericidad y refracción terrestre), **SV**, **Sv°**, **Sv gr** (resolución de ciertas ecuaciones trigonométricas), **p**, **p°**, **p'**, **p''** (sensibilidad de un avistamiento, excentricidad de una estación geodésica, etc.).

Este gran cursor también lleva otras marcas que no se utilizan en el campo de la topografía: **Vr** cubicación de árboles, $\sqrt{2}g$ velocidad del flujo de agua, **3.6** (convertir km/h en m/s y viceversa) etc.

El reverso de la regla muestra un conjunto de fórmulas topográficas y trigonométricas.

CONCLUSION

En algunos países y en casos aislados las “reglas del topógrafo” aparecieron a partir de mediados del siglo XIX, pero no fue hasta finales del mismo siglo cuando este tipo de regla fue adoptado por los grandes fabricantes de reglas de cálculo. El modelo de regla que producen todos estos fabricantes es el que tiene las escalas $\cos^2$ y $\text{sen } x \cos$.

Pocos países van a manufacturar reglas con las escalas de Porro o de Moinot.

España, a falta de un fabricante de reglas, adoptó la regla tipo Moinot importada del extranjero hasta la llegada de la regla Alcayde 'Academia Militar' en 1915, esta regla genuinamente española llevaba las escalas $\cos^2/\text{sen } x \cos$. [6]

Italia, fiel a Porro, utiliza sus escalas logarítmicas en reglas construidas por la Casa Salmoiraghi, que también fabrica la "regla taquimétrica universal" en 1893. Propuesta por el ingeniero Giovanni Pozzi, esta regla es una adaptación de la regla de Mannheim a los cálculos topográficos gracias a la adición de escalas de senos complementarias. [23]

No sabemos si han existido reglas de cálculo italianas con las escalas $\cos^2$ y $\text{sen } x \cos$.

En Francia, el coronel Goulier inventó una regla simplificando la regla Moinot, ella misma inspirada de las escalas de Porro. Esta regla de Goulier se adapta a la regla eclímetro y será modificada posteriormente por Vallot formando así una familia de ‘reglas para topógrafos’ que se comercializa en Francia hasta los años 1950. Construidas por la empresa Tavernier-Gravet se encuentran en varios de sus catálogos (1905, 1911, 1924, 1928) [1].

Hay que esperar la creación de la Sociedad Graphoplex, que sustituyó a Tavernier-Gravet en el comercio de reglas de cálculo, para ver aparecer, por primera vez en 1952, una regla francesa para topógrafos provista de las escalas $\cos^2$ y $\text{sen } x \cos$.

Notas / Bibliografía

Las referencias en español (texto en cursiva subrayado) del presente tema son prácticamente inexistentes salvo las que tratan de la regla de Moinot.

- [1] Algunas de las primeras reglas de cálculo con escalas $\cos^2/\sin.\cos$

1845 *Regla logarítmica J. Wild (Kern - Aarau)*

.....

1870 Regla Roubicek Neuhöfer&Sohn (Autriche)

1879 Regla Fuller Bakewell model 3

1895 Regla Keuffel & Esser n° 4101

1900 Regla Nestler Universal

1900 Regla D&P n° 23 Tachymeter C. Werner

1903 Regla Keuffel & Esser Webb's Stadia Cylindrical

- [2] Stadia or Tachymetrical Slide, par O.E. van Poelje (2005)

<https://www.rechenschieber.org/stadia.pdf>

- [3] Mémoire de la Stadia Topographique et son application aux levés de plans, par J Meyer (1884) page 352

(Mémoire de la Société des Ingénieurs Civils, 1884, 2^e volume)

http://cnum.cnam.fr/PDF/cnum_ECCMC6.41.pdf

- [4] Topographic slide rules by Kern Aarau, par Heinz Aeschlimann

<https://sliderules.lovett.com/cookiedev/extendeddisplayarticle.cgi?match=heinzaeschlimannxxxproceedingsofthe4thinternationalmeetingofsliderulecollectors,october,1998pg37.1.jpg>

- [5] Description de la regla Kern

https://www.kern-aarau.ch/fileadmin/user_upload/Aldo/News/Kern_Aarau_Rechenschieber.pdf

<https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=bts-001:1877:3::16>

- [6] *Las reglas de cálculo taquimétricas en España*, por Gonzalo Martin

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/reglas%20taquimetricas%20es_v1.pdf

- [7] Annales des ponts et chaussées, 3eme série 1852, 2ème semestre, Mémoire n°38 (Pages 273 à 390).

[8] La Tachéométrie ou l'Art de lever des plans et de faire les nivellements, par J. PORRO, Victor Dalmont Editeur, Paris 1858.

http://books.google.fr/books?id=0qsWAAAAQAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Taquimetría - Exposición de los métodos modernos para el levantamiento de planos, por Mariano Cardedera y Juan Alonso Millán, Madrid (1877) (pág. 92 y siguientes)

https://books.google.fr/books?id=bD3wVEjc82MC&pg=PA90&dq=taquimetria&hl=fr&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwjX3_uu0JX3AhVPzRoKHc92BxMQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=taquimetria&f=false

Geometría descriptiva y Taquimetría (página 45) por Eusebio Sánchez y Lozano, Madrid 1892

<http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000073271&page=1>

[9] Levés de Plans à la Stadia Notes pratiques pour études de tracés, par I. MOINOT

1^{re} édition, J. Bounnet libraire éditeur, Périgueux (1865) --- 2^{eme} édition (1873)

https://books.google.fr/books?id=SCcwyaXo32cC&printsec=frontcover&dq=Lev%C3%A9s+de+Plans+%C3%A0+la+Stadia+Notes+pratiques+pour+%C3%A9tudes+de+trac%C3%A9s,+par+I.+MOINOT&hl=fr&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Lev%C3%A9s%20de%20Plans%20%C3%A0%20la%20Stadia%20Notes%20pratiques%20pour%20%C3%A9tudes%20de%20trac%C3%A9s%2C%20par%20I.%20MOINOT&f=false

Teoría regla de cálculo (Regla taquimétrica Richer) por J. García Cifré (1943)

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/libro_Cifre_Regla_Richer_Moinot.pdf

[10] Etudes sur les Levées Topométriques et sur la Tachéométrie, par le Colonel C. Goulier

Mémorial de l'Officier de Génie N°28 (1892)

https://books.google.fr/books?id=bg1FAAAAYAAJ&printsec=frontcover&dq=topometriques+Goulier&hl=fr&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=topometriques%20Goulier&f=false

[11] Daniel David, « Le colonel Goulier et la topographie des fortifications » Revue historique des armées n°268 / 2012

<https://journals.openedition.org/rha/7530>

[12] Cours de Topographie Ecole Militaire du Génie (1935) (Instruction regla Goulier 'du Topographe')

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/cours_RegleTopographe.pdf

[13] Topographie par E. Prévot (1898). Instructions de l'éclimètre

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/Instructions_Eclimetre.pdf

[14] La regla à éclimètre, par W. Rudowski (An inusual Surveyor's slide rule)

<https://sliderules.lovett.com/cookiedev/extendeddisplayarticle.cgi?match=rainerheerwernerrudowskigeorgewagenerxxsliderulegazette.issue11autumn2010pg1..1.jpg>

Regla eclímetro de Goulier, por Lorenzo Gallego Carranza (1891)

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/manual_eclimetro.pdf

[15] Manuel Topographie Alpine, par Vallot (chapitre V) :

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k323686s.r=topographie%20alpine%20vallot?rk=42918;4>

[16] Henri Vallot - L'arpenteur du Mont-Blanc (1853 – 1922)

<https://www.unitheque.com/henri-vallot/biographies/l-harmattan/Livre/100201>

[17] Guide pratique d'Arpentage de Nivellement, par Capoduro, revu par C. Bernard 1932
(Extraits : regla Goulier modifiée par Vallot)

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/notice_Goulier_Vallot.pdf

[18] Revue Le Panthéon de l'Industrie, Décembre 1905 (pages 1-2)

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96384036/f2.item.r=tacheometre%20Sanguet>

[19] Instructions regla Sanguet

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/regle_TGSanguet.pdf

[20] Instruction sur la regla Bosramier

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k329029n>

[21] Notice Graphoplex 630

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/notice_Graphoplex630.pdf

[22] Notice Graphoplex 670

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/noticeExtraits_Graphoplex670.pdf

[23] Regolo Calcolatore e sue applicazioni nelle Operazioni Topografiche, par Giovanni Pozzi. Hoepli Editore (1895).

Il politecnico-Giornale dell'ingegnere architetto civile ed industriale (Novembre 1896)

https://books.google.fr/books?id=cUfE9n0WusoC&pg=PA677&dq=APPLICAZIONI+DEL+REGOLO+CALCOLATORE+MANNHEIM&hl=fr&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKewj4jJjT1ZD3AhVvyoUKHeVJAYQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=APPLICAZIONI%20DEL%20REGOLO%20CALCOLATORE%20MANNHEIM&f=false

A N E X O S

- 1 Catálogo Tavernier-Gravet de 1911
- 2 Fórmulas taquimétricas de Porro
- 3 Cálculos Taquimétricos
- 4 Regla logarítmica de Moinot
- 5 Regla del Topógrafo de Goulier
- 6 Regla eclímetro de Goulier
- 7 Regla de Goulier modificada par Vallot
- 8 Regla Sanguet
- 9 Regla Bosramier (1905)
- 10 Regla Graphoplex 630
- 11 Regla Graphoplex 670

ANEXO 1

Catálogo Tavernier-Gravet de 1911

JANVIER 1911

INSTRUMENTS DE PRÉCISION — RÈGLES A CALCULS

ÉTABLISSEMENTS

TAVERNIER - GRAVET

Paul-G. MICHON, Successeur

Bureaux et Ateliers : 19, Rue Mayet, PARIS (VI^e)

MÉDAILLES : Bronze 1844; Argent 1855-1867-1878; Or, Paris 1878-1880-1900; Moscou 1891; Bruxelles 1897; Milan 1906

RÈGLES A CALCULS

Les règles de 0,15, 0,21, 0,26 sont livrées en étui carton ou drap. — Les règles 0,50 en boîte noyer avec calage spécial

Règles Spéciales

Règle pour Tachéomètre dite "Règle Moinot"
N° 20. Grades ou degrés, divisions sur buis ou sur
celluloid avec boîte noyer..... 50 »

N° 21. **Règle du Topographe**, centésimale ou sexa-
gésimale, buis, dite "Colonel Goulier".... 30 »

N° 21 bis. **Règle du Topographe**: Règle "Gou-
lier", modifiée par H. Vallot, 0,31, buis... 15 »

Buis Cellul.

N° 22. **Règle Bosramier** 0,26 div. centés. 7 » 9 »

N° 22 bis. **Règle Bosramier** 0,26 division
centésimale avec curseur..... 10 » 12 »

N° 23. **Règle "Lallemand"** à échelle repliée division
centésimale, celluloid 70 »
(Le curseur est muni d'une loupe)

N° 24. **Règle Montrichard** pour cubage des arbres
(en buis seulement)..... 10 »

N° 25. **Règle Sanguet**, division centés., buis. 12.50
cellul. 14.40

Règle de Démonstration en bois peint long. 2^m 150 »
avec engrenages ... 250 »

*Les Règles de Démonstration sont prêtées gra-
cieusement aux Lycées, Collèges, etc., qui nous en font la
demande. Les ports aller et retour sont à leur charge.*

Règle Système Lallemand



Accessoires

Curseur nickelé à palettes ou à glace..... 2 50
— divisé spécial pour règle Béghin... 10 »
— Règle des Écoles..... 7 »

*(Pour l'ajustage il est préférable d'envoyer la règle
surtout pour la règle "Béghin")*

Glace pour règle de 0,26..... » 75
— — 0,50..... 1 »

Étui drap ou carton 0,15, 0,21, 0,26..... » 50
— cuir..... 2 »
— daim, gris ou havane 1 50

Boîte noyer pour règle de 0,50..... 5 »

*Les envois se font par poste, recommandés, ou par
colis postal.*

*Il arrive que les règles demandées ne peuvent
être livrées immédiatement. Dans ce cas, nous
accusons réception avec date probable de l'envoi.*

*Franco de port et d'emballage pour la France
au-dessus de 25 fr.*

*Pour l'Etranger, franco d'emballage à partir de Frs 25,
port compté suivant les tarifs de chemins de fer.*

Prix de la règle à éclimètre (fig. I). 160 fr. — Jalon-mire et voyants. 22 fr. — Planchette avec pied. 28 fr.

Perfectionnements apportés par H. Vallot

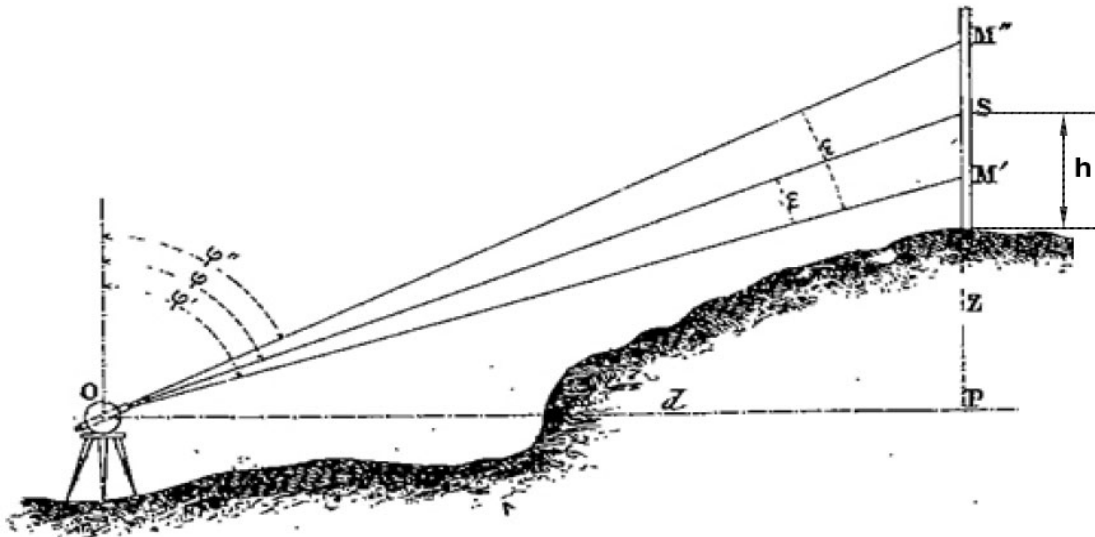
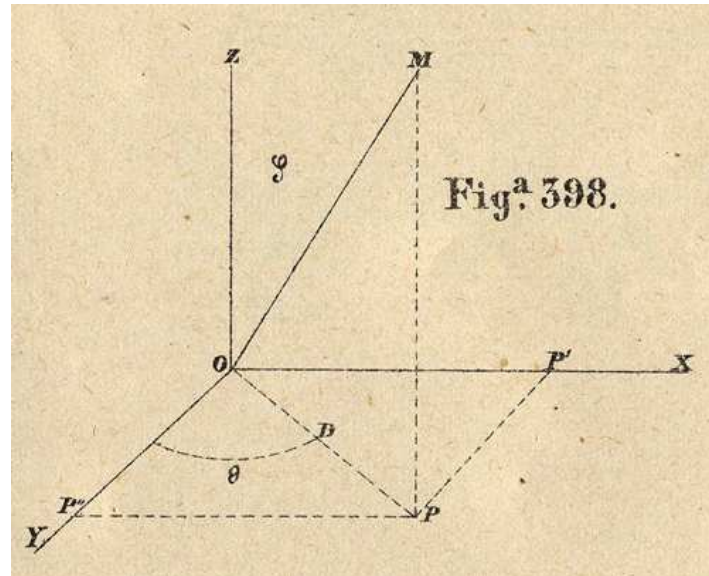
Nivelle sur l'embase	10 »
Levier	15 »
Excentriques de calage	6 »

Règle à éclimètre, étui simplifié modèle de la Commission de Topographie du Club Alpin 140 »

Règle à éclimètre, montée en théodolite, modèle de la mission Houdaille. Prix de l'instrument, sa boîte et ses
accessoires 300 »

ANEXO 2

Fórmulas Taquimétricas de Porro



Taquímetro en posición con una visual a la mira M''M'
(Annales des ponts et chaussées 1852)

A continuación se muestran las fórmulas descritas por Porro en su libro [8], fórmulas que permiten calcular las coordenadas **x**, **y**, **z** y la distancia reducida al horizonte entre el punto de observación y el punto observado, colocando la mira en la posición vertical.

$$\mathbf{d = g \sin^2 \varphi} \quad \mathbf{z = d \cot \varphi - h} \quad \mathbf{x = d \sin \theta} \quad \mathbf{y = d \cos \theta}$$

g = número generador (lectura de la mira), **h** = altura de la mira, **φ** = ángulo cenital,
θ = ángulo horizontal

Cuando la mira está colocada de manera perpendicular al eje óptico la distancia reducida al horizonte se calcula con esta fórmula: **d = g sin φ**

ANEXO 3

Cálculos taquimétricos

Lectures, inscriptions et calculs.

I. CAS DU TACHÉOMÈTRE NON RÉDUCTEUR.

A) *Sur le terrain*, après chaque mise en station de l'instrument, l'opérateur mesure la hauteur h des tourillons de la lunette (axe secondaire) au-dessus du piquet de station puis, pour chaque point à lever, il effectue les lectures suivantes (fig. 189) :

1° *Lectures de mire*, savoir : a) Lecture du fil stadimétrique vu en haut dans le champ de la lunette h_1 qu'il amène en coïncidence avec une cote ronde (en décimètres).

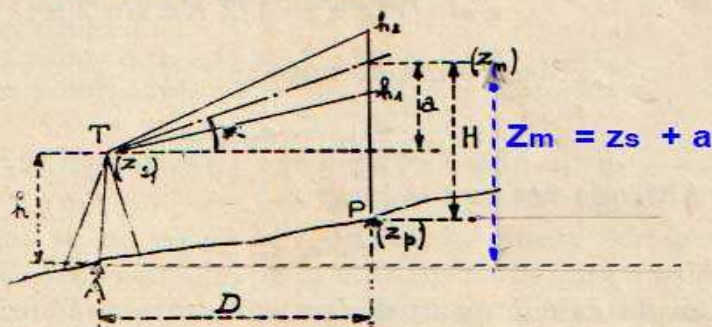


FIG. 189.

Exemple : 120 cm,

b) Lecture du fil axial H .

Exemple : 142,6 cm,

c) Lecture du fil stadimétrique vu en bas dans le champ de la lunette h_2 .

Exemple : 165,2 cm,

2° *Lecture de l'angle azimutal* sur le goniomètre horizontal.

3° *Lecture de l'angle vertical*, c'est-à-dire, suivant le genre d'instrument, soit de l'angle α de la ligne de visée avec l'horizontale (cas du théodolite), soit de la distance zénithale φ .

B) *Au bureau*, et sur le carnet tenu par le secrétaire pendant l'exécution des opérations sur le terrain, on effectue les calculs suivants :

1° Pour chaque station :

Altitude des tourillons :

$$z_s = \text{altitude du piquet de station} + h ;$$

2° Pour chaque point levé :

a) Longueur de mire interceptée entre traits stadimétriques :

$$\Delta = h_2 - h_1 ;$$

b) Distance réduite à l'horizon (n° 71) :

$$D = K\Delta \cos^2 \alpha ;$$

c) Dénivelée ou différence de niveau entre les tourillons de l'instrument et le point de mire :

$$a = D \operatorname{tg} \alpha = 1/2 K\Delta \sin 2 \alpha ;$$

d) Altitude des points de mire :

$$z_m = z_s + a ;$$

e) Altitude des points levés :

$$z_p = z_m - H.$$

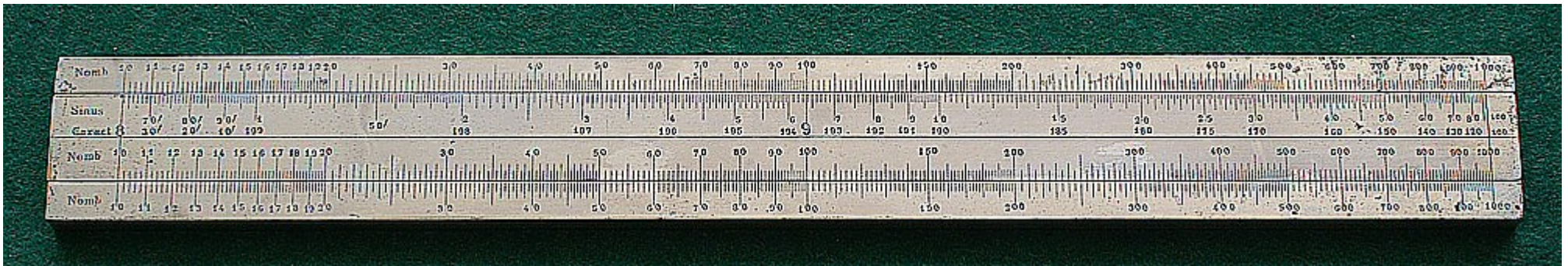
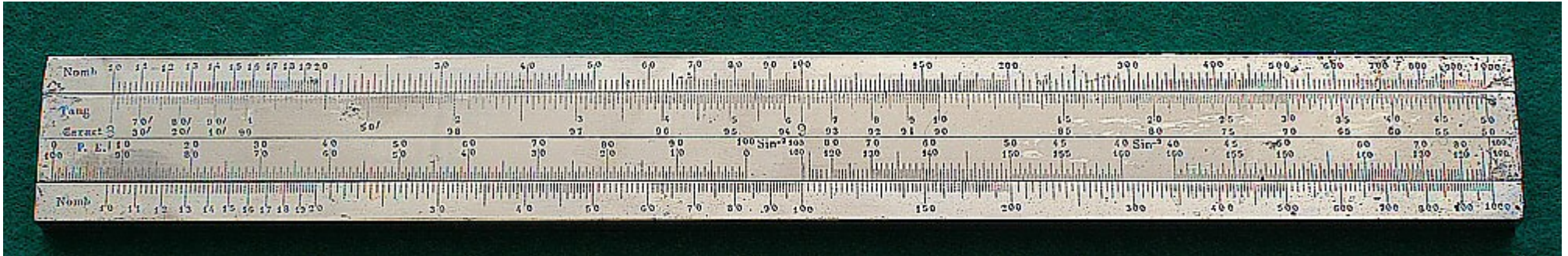
Pour le calcul de la distance réduite à l'horizon D et pour celui de la dénivelée a , on utilise, selon le degré de précision recherchée, la règle à calcul de topographe, des abaques, des tables spéciales (tables de Pons) ou, si l'on dispose d'une machine à calculer, de tables donnant les valeurs naturelles de $\cos^2 \alpha$ et de $1/2 \sin 2 \alpha$ (tables de Rohrer).

II. CAS DU TACHÉOMÈTRE AUTORÉDUCTEUR (voir modèle de carnet, fig. 190). — A) Sur le terrain :

MESURES ET LECTURES PAR L'OPÉRATEUR	INSCRIPTIONS sur le carnet par le secrétaire
<i>A chaque station ; mesure de la hauteur (h) des tourillons au-dessus du piquet</i>	du numéro de la station et de (h)
<i>Pour chacun des points levés :</i>	numéro du point (colonne 2)
1° Lectures de mire :	
a) Le levier appliqué contre le premier butoir (butoir inférieur) (a') ou « pointé » H	Colonne 3.
b) Le levier appliqué contre le deuxième butoir	Colonne 4.
c) Eventuellement, le levier appliqué contre les troisièmes et quatrièmes butoirs	Colonne 4.

ANEXO 4

Regla Logarítmica de MOINOT



Regla Moinot fabricada por Richard (1877)

Manual de la regla Moinot (descriptivo según el libro de José García Cifré):

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/libro_Cifre_Regla_Richer_Moinot.pdf

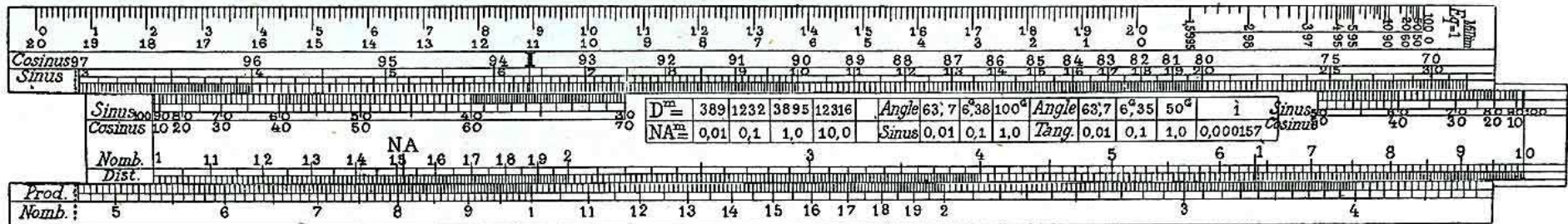
https://www.photocalcul.com/Calcul/Regles/Collection_Etienne_Sigismond/regle_Daniel_RichardMoinot/regleRicher_Moinot.html

https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Autres/Richer_Moinot/photo_RicherMoinot.html

ANEXO 5

Regla del Topógrafo de GOULIER

Fig. 16. Règle à calculs du topographe ($\frac{14}{25}$).



LÉGENDE :

Dans la figure, la règle est disposée pour faire les calculs ci-après :

$$1^{\circ} h = l \sin 6^{\circ},338 \quad \text{ou} \quad h = l \tan 6^{\circ},338.$$

Pour $l = 100^m$, $275^m,50$, $389^m,28$, $512^m,40$,
on lit $h = 0^m,532$, $1^m,465$, $2^m,070$, $3^m,72$.

$$2^{\circ} h = l \sin 36^{\circ},38 \quad \text{ou (verso)} \quad h = l \tan 36^{\circ},38.$$

Pour $l = 100^m$, $275^m,50$, $389^m,28$, $512^m,40$,
on lit $h = 5^m,32$, $14^m,65$, $20^m,70$, $37^m,20$.

$$3^{\circ} h = l \sin 35^{\circ},70 \quad \text{ou (verso)} \quad h = l \tan 31^{\circ},10.$$

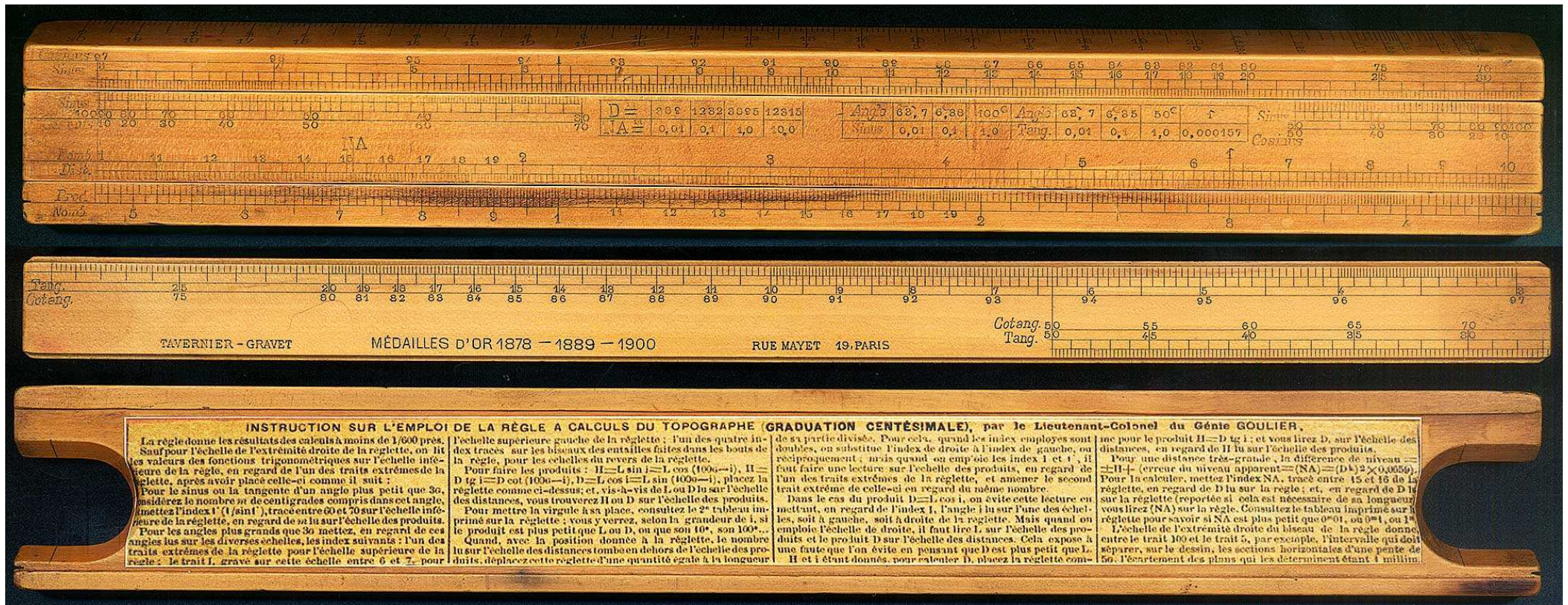
Pour $l = 100^m$, $275^m,50$, $389^m,28$, $512^m,40$,
on lit $h = 53^m,20$, $146^m,50$, $207^m,0$, $372^m,0$.

$$4^{\circ} NA = \left(\frac{D}{1000} \right)^2 \times 0,00659.$$

Pour $D = 806^m$,
on lit $NA = 0^m,0434$.

ANEXO 5

(Continua)



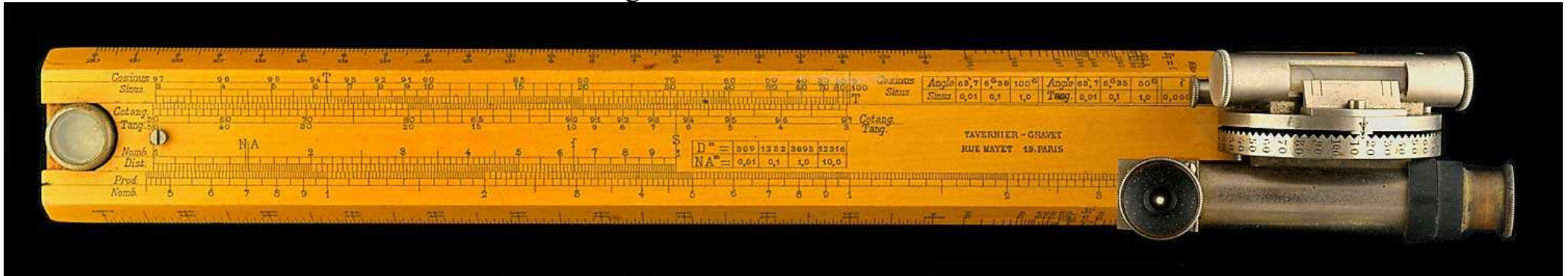
Regla del Topógrafo de Goulier

Imagen de la colección Tom Dilatush

<https://www.sliderulemuseum.com/isrm/dilatush/?Home/SlideRules/Tavernier/GoulierX1>

ANEXO 6

Regla Eclímetro de GOULIER



https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Tavernier/Tavernier_Eclimetre/photo_TavernierEclimetre.html

If SIN or COS are involved, one of the two S-markers on the slide have to be aligned with the angle and the result is found on scale *Prod. Nomb.* under the *Nomb. Dist.* on the slide. If TG or COT are involved use the markers T on the SIN-scale (at 3.38 and 100 grad(e)).

Example: Angle $i = 30^\circ$; slope distance $L = 130\text{m}$

$$D = L * \cos i = 130 * \cos 30 = 115.8 \quad (\text{Figure 20})$$

$$H = D * \tan i = 115.8 * \tan i = 59\text{m}$$

$$\text{or } H = L * \sin i = 130 * \sin i = 59\text{m}$$

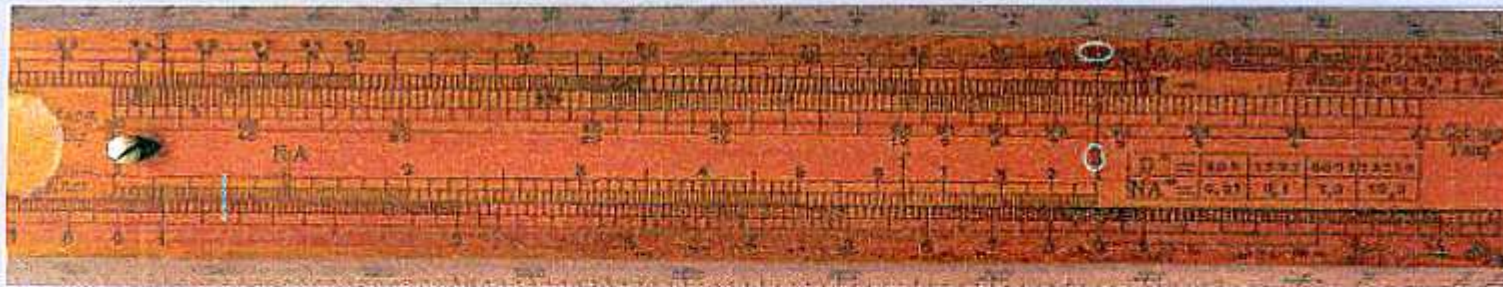


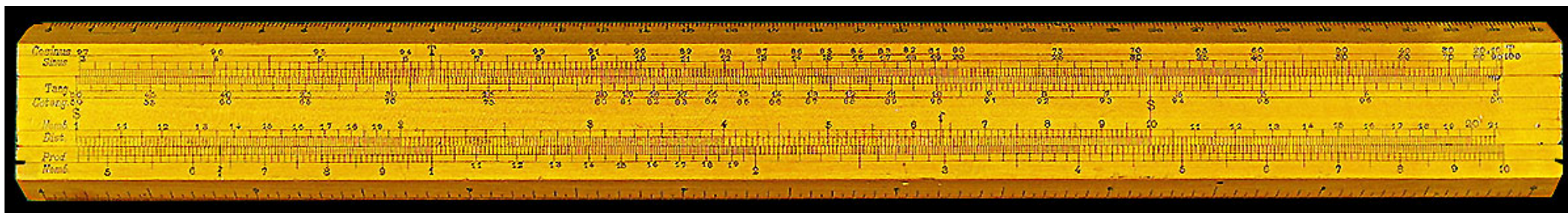
Fig. 20

La règle à Eclimetre du colonel Goulier

Rainer Heer, Werner Rudowski, Georges Wagener --- Slide Rule Gazette Issue 11 Autumn 2010

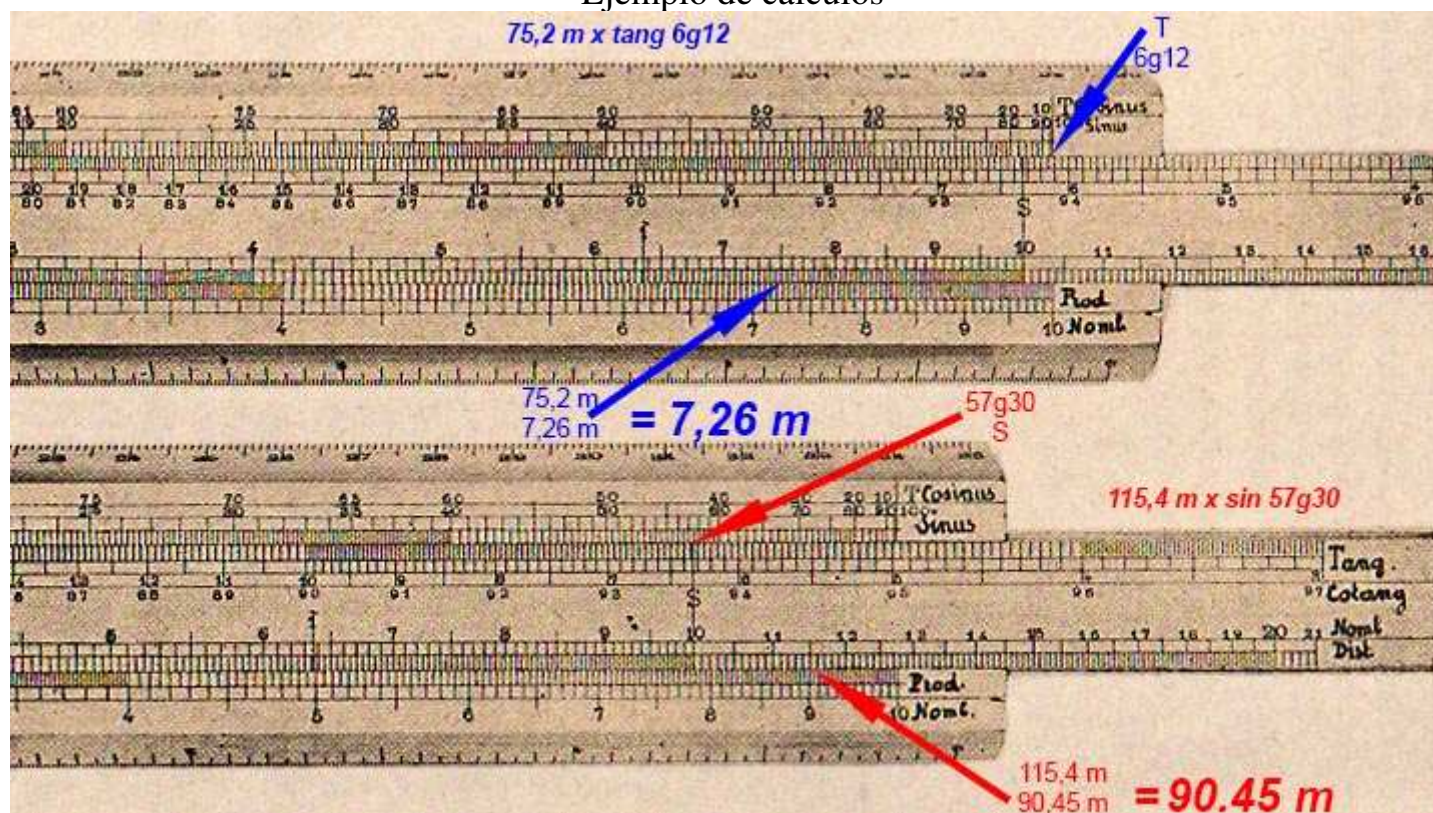
ANEXO 7

Regla de Goulier modificada par VALLOT



<https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Collection Etienne Sigismond/regle Daniel TGVallot/regleTavernier Daniel Vallot.html>

Ejemplo de cálculos



ANEXO 8

Regla SANGUET

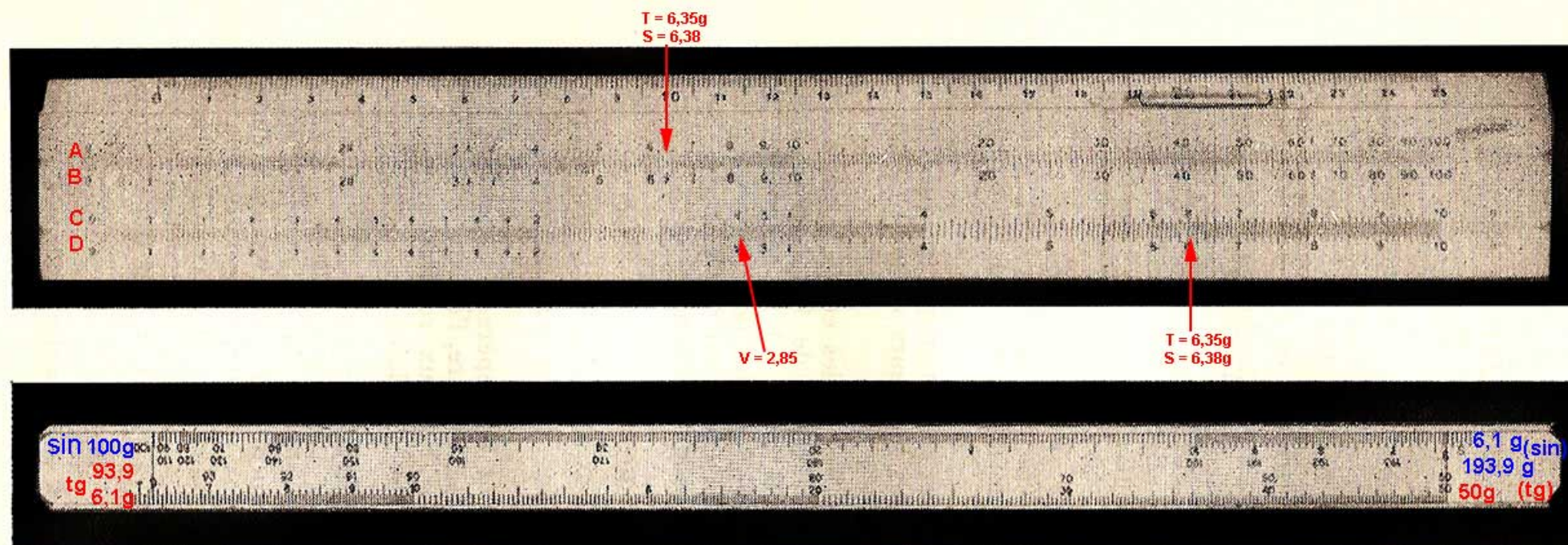
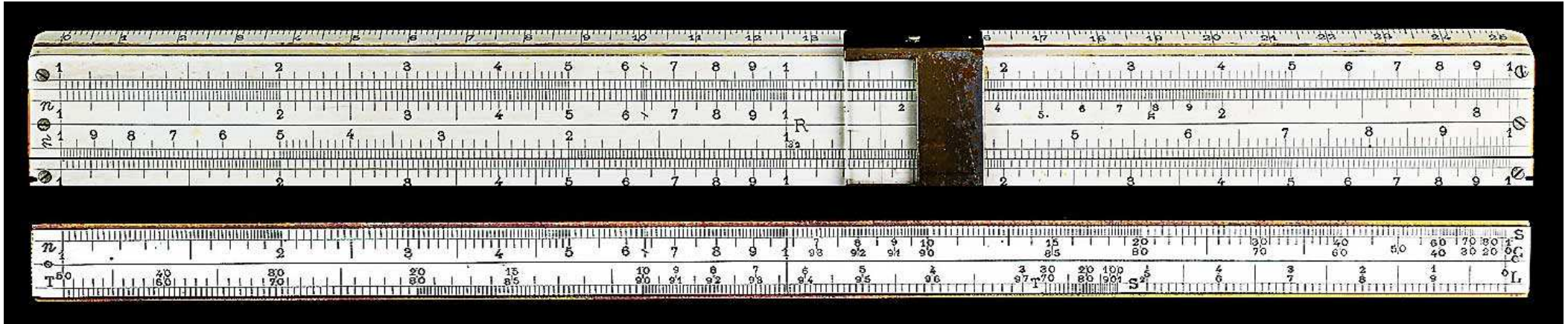


FIGURE 7. — La règle Sanguet pour géomètre et topographes. — Au-dessous, le verso de la réglette et ses échelles S et T (document Tavernier-Gravet).

ANEXO 9

Regla BOSRAMIER (1905)



https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Tavernier/Tavernier_Bosramier/photo_TavernierBosramier.html

Ejemplo de cálculo (Regla de 1893)

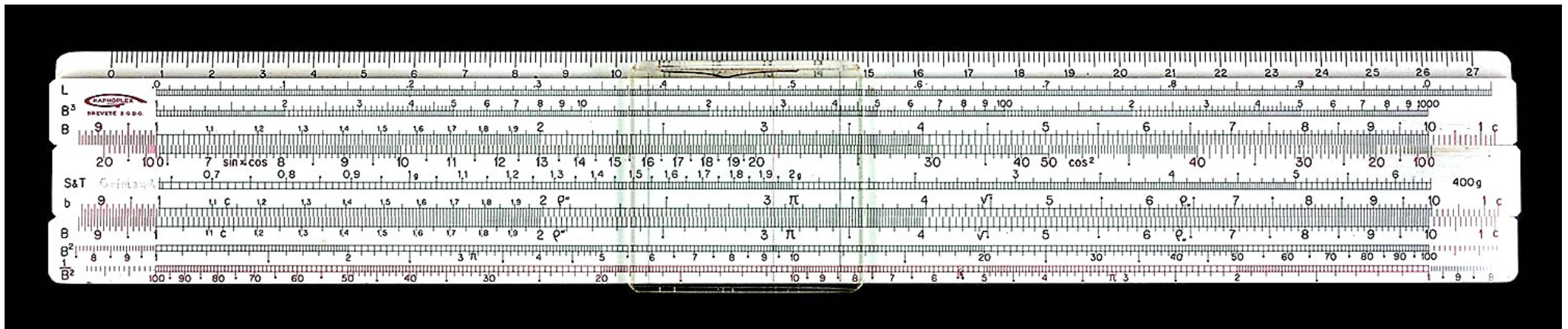
Exemple. On a $D=143,5$, $\theta=43^{\circ},54$, $l=4^{\circ},80$, trouver d , x , y et z_1 .

On fait coïncider $\sec^2 4^{\circ},80$ avec $143,5$ lu sur la règle, et l'on trouve $d=142,8$ en regard de l'indicateur du tiroir, $x=110,60$ en regard de $\cos 43^{\circ},54$, $y=90,20$ en regard de $\sin 43^{\circ},54$, et $z_1=10,78$ en regard de $\tan 4^{\circ},80$, comme l'indique le

	y	z
	$\sin 43^{\circ},54$	$\cos 43^{\circ},54$
Diagr. 48.	$1^{\circ} 4^{\circ},80 \text{ Ech. } S^2$	$\tan 4^{\circ},80$
	$d 143,5$	z_1

ANEXO 10

Regla GRAPHOPLEX 630



https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Graphoplex/graphoplex_630/photo_grapho630.html

PRINCIPALES UTILISATIONS EN TOPOGRAPHIE

B) Mesure indirecte des longueurs « Stadi-métrie »

a) *Stadimétrie à angle, mire tenue verticalement.*

Nombre générateur : $\lambda - l$ = distance réduite à l'horizon;

$$l = \lambda \cos^2 i.$$

La présence de l'échelle $\cos^2$ permet le calcul immédiat.

Lorsque la précision s'avère insuffisante (faible accroissement de $\cos^2$ pour les petits angles), il y a lieu de calculer la correction à apporter à λ pour obtenir $l.c = \lambda \sin^2 i$.

II. — CALCUL DES DÉNIVELÉES EN NIVELLEMENT INDIRECT

du = dénivelée; l = distance réduite;

i = angle de pente;

$$du = l \operatorname{tg} i.$$

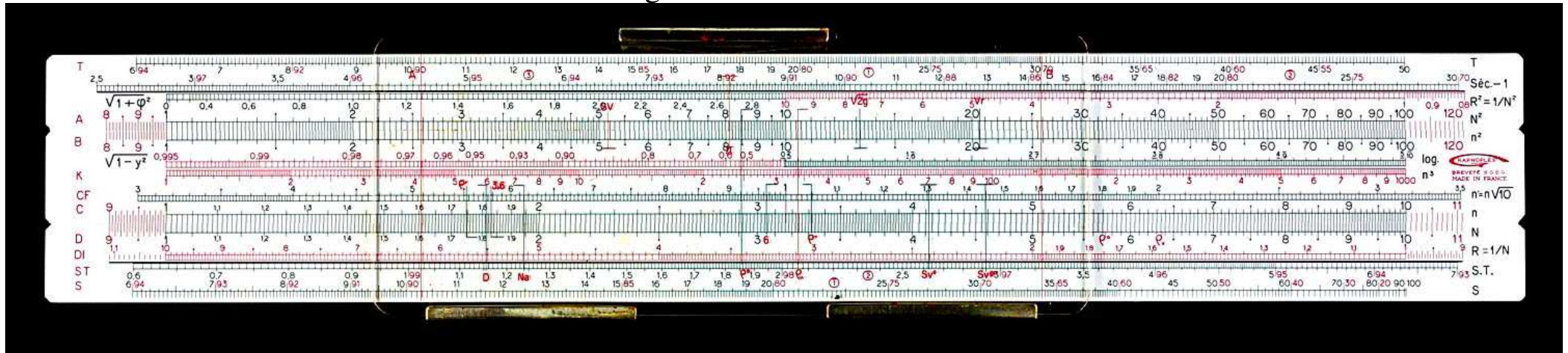
Calcul immédiat :

1° Amener l'origine de la réglette, échelle T ou S et T, si $i < 6 \text{ gr. } 37$ en coïncidence avec la division représentant la valeur l lue sur l'échelle B.

2° Amener le trait médian du curseur sur la division représentant la valeur de i lue sur l'échelle T ou S et T et lire le résultat sous le même trait du curseur sur l'échelle B.

ANEXO 11

Regla GRAPHOPLEX 670



https://photocalcul.com/Calcul/Regles/Graphoplex/graphoplex_670/photo_grapho670.html

Calculs tachéométriques

Le problème consiste à *calculer la distance réduite D et la différence de niveau Z*, en fonction de l'angle d'inclinaison α , de l'axe optique de la lunette, et du nombre générateur g , par les formules :

$$D = g \cdot \cos^2 \alpha ; \quad Z = g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha ,$$

d'où la relation : $g = \frac{D}{\cos^2 \alpha} = \frac{Z}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}$

Le calcul simultané de D et Z s'effectue à l'aide des *échelles* ($\sin \times \cos$) et ($\cos^2$) après avoir retourné la règle dans le corps de règle, d'après la notation opératoire :

$$\frac{(\cos^2)}{(N)} \frac{0}{g} \parallel \frac{\alpha}{D} \parallel \frac{\alpha}{Z} \frac{(\sin \times \cos)}{(N)}$$

Application numérique :

$g = 52,2$; $\alpha = 114 \text{ gr } 28'$ (ou $85 \text{ gr } 72''$); $D = 49 \text{ m } 6$; $Z = 11 \text{ m } 31$ (fig. 20).