INSTRUCTION

SUR LA

RÈGLE

A

CALCUL

BEGHIN - DE CATALANO

pour Calculs de Navigation

PRINCIPES

ET MODES OPÉRATOIRES

La règle Béghin effectue
en une seule position de la réglette :

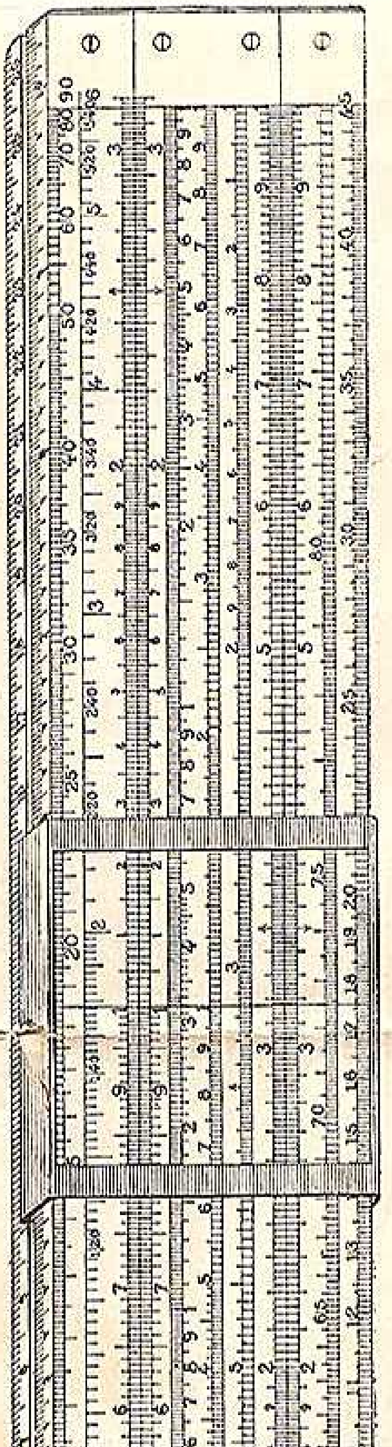
la double multiplication, la double division
les principales puissances entières et fractionnaires

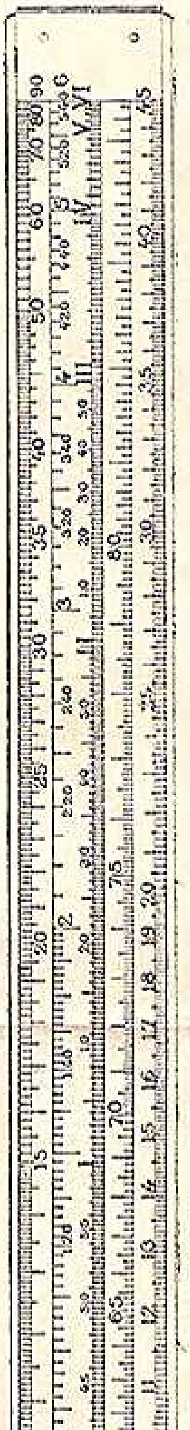
ELLE RÉSOUT LES MÊMES OPÉRATIONS QUE LES AUTRES RÈGLES
AVEC UNE APPROXIMATION DEUX FOIS PLUS GRANDE

PARIS
FABRIQUE DE RÈGLES A CALCULS & D'INSTRUMENTS DE MATHÉMATIQUES
Fondée en 1770
TAVERNIER-GRAVET, Successeur de GRAVET-LENOIR
André **LEROY, Successeur**
19, Rue Mayet (VI[e])

1926

Extrait des « Tables Zoniques » de E. et M. de Catalano





RÈGLE A CALCUL
BEGHIN - DE CATALANO

Principe et Définition.

Utilisation mécanique de la valeur des logarithmes pour la résolution d'opérations mathématiques simplifiées par ces derniers.

On appelle règle à calcul un instrument en forme de règle qui permet de résoudre des opérations logarithmiques. Cette résolution s'effectue par le déplacement ou la combinaison d'échelles divisées dont certaines gravées sur le corps principal de la règle et d'autres sur une partie mobile dénommée réglette.

Si on représente linéairement les logarithmes des nombres de 1 à 10, on obtiendra une échelle divisée dont les graduations inégales différeront les unes des autres de telle manière que si on place en regard de cette échelle une échelle de même longueur divisée en dix parties égales et subdivisions, les divisions de cette échelle de parties égales représenteront les logarithmes des nombres inscrits sur l'échelle à parties inégales.

Cet artifice permet de se servir des logarithmes pour faire les opérations mathématiques en lisant les nombres qu'ils représentent, alors qu'avec une table de logarithmes, on serait obligé de passer des nombres aux logarithmes, faire l'opération et revenir aux nombres ensuite.

Sachant quels avantages on retire à se servir des logarithmes dans les opérations, on peut se rendre immédiatement compte de l'intérêt que présente cet artifice.

Une des plus anciennes applications de ce système a été réalisée par le Colonel Manheim. Depuis la création de cette règle dénommée règle Manheim, certaines modifications ont été apportées dans le but de perfectionner cet instrument ou de le rendre plus spécialement approprié à certains travaux. C'est ainsi que l'on a établi la règle des Ecoles, la règle du ciment armé, etc.. La règle de Beghin est une règle qui, tout en s'appliquant à tous les calculs, a l'avantage de permettre une approximation double de celle obtenue par la plupart des autres règles, dans bon nombre d'opérations. La règle Beghin - de Catalano ne diffère de la précédente que par l'adjonction d'une échelle des cubes, d'une division en inches et de certaines échelles supplémentaires pour les petites lignes trigonométriques, ces modifications font de cette règle l'instrument de ce genre le plus pratique pour le marin.

Ce qui va suivre se rapporte donc à la règle à calcul Beghin-de Catalano, mais s'applique également à la règle Beghin ordinaire et en partie à certaines autres règles.

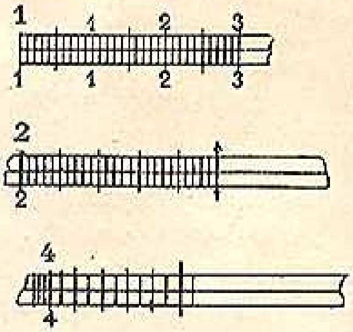
Description. — Le modèle règlementaire a 0 m. 28 de long, 0 m. 05 de large et 0 m. 01 d'épaisseur et la graduation des échelles a 25 centimètres, l'approximation qu'il donne est suffisante pour tous les calculs courants.

Comme nous l'avons dit, cette règle se compose de la règle proprement dite et de la réglette ou tiroir glissant dans une coulisse à rainure du corps, de façon à ne pas faire de surépaisseur et à permettre l'usage d'un curseur.

La réglette porte des graduations sur ses deux faces ; la règle n'en porte que sur sa face supérieure, sur son biseau et sur son champ.

Echelles et graduations.

Nº 1. L'échelle principale est l'échelle logarithmique dont l'origine est à gauche et l'extrémité à droite. Elle est gravée mi-partie sur la règle, mi partie sur le bord inférieur de la réglette et ses graduations sont inscrites sur les deux parties, de telle manière qu'en faisant glisser la réglette, on déplace la moitié de cette échelle tout en maintenant le contact avec son autre moitié sur la règle. Cette échelle est divisée en 10 parties inégales et subdivisions, de manière à représenter les logarithmes correspondants en prenant pour origine l'origine de l'échelle et pour base la longueur commune de toutes les échelles. Cette particularité fait que le milieu correspond au chiffre 3,162 et ne permet donc



pas d'avoir les mêmes subdivisions d'un bout à l'autre ; donc entre 1 et 2 il y a 10 subdivisions du premier ordre marquées par un chiffre plus petit que ceux employés pour les dix divisions de l'échelle et chacune de ces subdivisions du premier ordre est elle-même divisée en 10 parties correspondant aux subdivisions du deuxième ordre. La subdivision 5 est représentée par un trait plus long, entre 2 et 4, la dimension étant plus faible, les subdivisions du premier ordre ne sont divisées qu'en 5 parties et de 4 à 10, elles ne le sont plus qu'en 2 parties. Il y a donc lieu de tenir compte de ce détail pour effectuer une lecture, car d'après ce qui vient d'être dit entre 1 et 2, un intervalle entre les traits gravés représente 1/100e ; entre 2 et 4, il ne représente plus que 1/50e, enfin entre 4 et 10, il ne représente que 1/20e.

Ceci étant bien compris, nous remarquerons sur la règle deux autres échelles identiques, mais disposées différemment.

Nº 2. L'échelle coupée. — Cette échelle est en effet identique à la nº 1, elle est située sur la séparation supérieure de la règle et de la réglette, de même que la nº 1 l'était sur la séparation inférieure, mais au lieu qu'elle commence au 1 à gauche, elle commence au 3,162. Le nombre 10 arrive ainsi au milieu de la règle, cette échelle se continue par le 1 et finit au 3,162, c'est-à-dire que cette échelle est identique à la nº 1, mais a été coupée en deux parties égales pour être raboutées en sens inverse. Cet artifice, qui détermine l'originalité de cet instrument, est dû à M. Beghin et permet, dans la plupart des calculs, d'avoir une approximation double de celle donnée par d'autres instruments.

Cette échelle se lit de la même façon que l'échelle nº 1.

Nº 3. Enfin l'échelle renversée. — Elle est gravée uniquement sur la réglette immédiatement au-dessus de l'échelle inférieure, mais son origine est à droite et son extrémité à gauche. Cette disposition a un certain nombre d'avantages, étant donné que sa particularité fait que les produits des nombres en regard des deux échelles sont constants et égaux à 10. Mais nous parlerons de cette échelle lorsque nous nous occuperons de la réglette ; nous ne la mentionnerons ici que parce qu'elle est semblable aux deux autres.

Il y a en dehors de ces échelles sur la règle.

Nº 4. Une échelle des sinus. Coefficient 1/100 pour les sinus allant de 0°35′ à 5°45′, étant donné que les valeurs sont très sensiblement les mêmes pour les tangentes, nous nous en servirons également pour les petites tangentes et nous désignerons cette échelle sin et tg coefficient 1/100. Cette échelle est la deuxième en commençant par le haut sur le plat de la règle ; elle est immédiatement au-dessous de celle nº 5 des sinus coefficient 1/10 qui donne le sinus de 5°40 à 90°, nous avons ainsi en deux échelles les valeurs de sinus pour les arcs de 90° à 0°35′, il est inutile d'aller plus bas et dans les calculs courants, il est rarement nécessaire de le faire.

Nº 4. Pour les tangentes, nous sommes obligés d'avoir trois échelles, mais pour simplifier, vu le peu de différence, la première comme nous l'avons dit est commune au sinus avec le coefficient 1/100 ; les deux autres, nºs 6 et 7, sont au bas de la règle, la plus basse, nº 7 tg coefficient 1/10, va de 5°,40 à 45°. Celle immédiatement au-dessus, n° 6 tg coefficient 1, va de 45° à 84°,5, au-dessus, il n'est plus pratique de graver des échelles étant donné que les valeurs se rapprochent rapidement de l'infini — d'ailleurs l'usage des tg dans ces valeurs est plus rare.

Ces quatre échelles de lignes trigonométriques, qui en font cinq, puisque la première est double, ont toutes leur origine à gauche, et comme le cosinus est l'inverse du sinus, si on lit sur l'échelle des sinus en commençant par la droite et en comptant les degrés d'après les divisions et non d'après les chiffres gravés, on aura une échelle de cosinus.

On peut pratiquement ainsi résoudre tous les problèmes de trigonométrie.

N° 8. Nous avons en outre, sur la règle, l'échelle de parties égales dont il a été parlé au début et qui donne la valeur des logarithmes des nombres pris sur l'échelle du bas de la règle. Cette échelle se trouve sur le champ inférieur de la règle et un index spécial du curseur sert aux correspondances.

N° 9. Sur le même champ et au-dessus de cette échelle se trouvent des lettres nommées diviseurs et correspondant à un tableau imprimé sur le dos de la règle, ils servent à faciliter certaines opérations.

N° 10. Sur le champ supérieur qui est biseauté se trouve l'échelle des centimètres qui commence au champ de gauche, de façon qu'en appuyant la règle contre l'origine de la longueur à mesurer, la graduation qui se trouve en face de l'extrémité en donne la valeur.

N° 11. Sur le même biseau et à sa partie supérieure, se trouvent gravés de la même façon, et en correspondance des centimètres, les inches ou pouces anglais. Dans la coulisse de la règle ces deux divisions en centimètres et en inches se continuent et l'on peut ainsi mesurer une longueur de 53 centimètres ou 21 inches; la règle porte donc les échelles suivantes :

Echelle n° 1 des nombres;
— — 2 coupée des nombres ;

— — 4 des sinus et tg coefficient 1/100 ;
— — 5 des sinus 1/10 ;
— — 6 des tg coefficient 1/10 ;
— — 7 des tg coefficient 1 ;
— — 8 des parties égales ;
— — 9 des diviseurs ;
— — 10 des centimètres de 0 à 28 ;
— — 11 des inches 0 à 11 ;
— — 12 des centimètres 28 à 53 ;
— — 13 des inches 11 à 21.

La réglette porte sur sa face antérieure sur le bas :

L'échelle n° 1 des nombres correspondant au n° 1 de la règle ;

L'échelle n° 2 coupée des nombres correspondant au n° 2 de la règle ;

L'échelle n° 3 renversée des nombres immédiatement au-dessus de l'échelle n° 1 ;

L'échelle n° 14 des carrés exactement au-dessus de cette dernière et qui se compose de deux échelles des nombres réduites à demi-grandeur et ajoutées à la suite l'une de l'autre. Ce qui a été dit au sujet de la construction des échelles explique cela ; on se rend compte en effet, que le milieu de l'échelle des nombres correspond au chiffre 3,162 dont le carré est 10, c'est-à-dire le chiffre qui termine l'échelle. La fin de l'échelle des nombres correspond au chiffre 10, dont le carré est 100 qui correspond à la fin de la deuxième échelle, donc l'échelle constituée par la réduction de moitié de deux échelles des nombres devient bien une échelle des carrés par correspondance à l'échelle des nombres.

L'échelle n° 15 des cubes des nombres immédiatement au-dessus et en correspondance avec l'échelle des carrés.

Par analogie à ce qui vient d'être dit au sujet de l'échelle des carrés, l'échelle des cubes est constituée par la réunion bout à bout de trois échelles des nombres réduites au tiers de leur dimension, le milieu de l'échelle des nombres, soit 3,162, correspond ici forcément avec le même chiffre sur l'échelle des cubes, puisque ce milieu correspond au milieu de la deuxième échelle réduite au tiers, mais avec un déplacement de la virgule un rang vers la droite et le cube de 3,162 est bien 31,62, coïncidence remarquable.

C'est tout pour la face antérieure.

La face postérieure de la réglette porte, en allant de haut en bas :

L'échelle n° 5 des sinus, coefficient 1/10 correspondant à l'échelle n° 5 de la règle ;

L'échelle n° 4 des sinus et tg coefficient 1/100 correspondant à l'échelle n° 4 de la règle ;

L'échelle n° 16 des sinus en heures ;

L'échelle n° 7 des tg, coefficient 1, correspondant à l'échelle n° 7 de la règle ;

L'échelle n° 6 des tg, coefficient 1/10, correspondant à l'échelle n° 6 de la règle.

Nous avons indiqué toutes les échelles portées sur la règle et la réglette ; quelquefois le curseur porte une graduation gravée sur le verre de part et d'autre de son index et reproduisant les divisions situées de part et d'autre du I de l'échelle coupée des nombres (échelle n° 2) ; ces divisions servent aux opérations de pourcentage sans avoir à bouger la réglette.

Il est indispensable de s'habituer à lire correctement sur toute l'étendue des différentes échelles.

Faire attention aux chiffres de dimension plus réduite qui se trouvent entre 1 et 2 des échelles principales, ils correspondent à 1,1, 1,2, 1,3...

Les dernières divisions de droite des échelles de sinus sont 80, 82,5, 85 et 90.

Le cosinus étant le complément du sinus, on le prend avec le curseur en sens inverse à partir de 90 en comptant 0, 10, 20, 30... aux divisions 90, 80, 70, 60.

Echelles logarithmiques. — Toutes ces échelles sont graduées de la même manière et il nous suffira d'indiquer comment est graduée celle du bas de la règle.

Le chiffre 1 de cette échelle est placé en regard du 0 de l'échelle de parties égales car $\log 1 = 0$. Pour la même raison, le chiffre 3 de cette même échelle se trouve en regard de 0,477 de l'échelle de parties égales car $\log 3 = 0{,}477$ et la distance du chiffre 1 au chiffre 3 représente le log. de 3 en vraie grandeur dans le système ayant pour base la longueur commune de toutes les échelles. Il en sera de même pour toutes les autres divisions.

Tirons alors la réglette vers la droite jusqu'à ce que son 1 de gauche vienne au-dessus du 3 de la règle, et nous verrons que le chiffre 2 de la réglette se trouvera au-dessus du 6 de la règle.

La distance des chiffres 1 et 6 de la règle est évidemment égale à la distance de 1 à 3 plus celle de 3 à 6 ; or, cette dernière coïncide exactement avec celle de 1 à 2 de la réglette, donc :

dist. 1 à 6 = dist. 1 à 3 de la règle + dist. 1 à 2 de la réglette

et comme ces distances représentent les log. eux-mêmes, nous aurons :

$$\log. 6 = \log. 3 + \log. 2,$$

qui est la résolution logarithmique de l'expression :

$$6 = 3 \times 2.$$

La règle à calcul est donc une matérialisation des logarithmes que l'on peut mettre bout à bout pour les ajouter (multiplication) ou les superposer pour les soustraire (division).

Dans l'exemple précédent, on peut supposer que du log de 6 (dist. 1 à 6 de la règle), on a retranché le log de 2 (dist. 1 à 2 de la réglette), et l'on voit qu'il reste bien la distance de 1 à 3 de la règle, c'est-à-dire log de 3.

D'une façon générale, pour une position quelconque de la réglette en considérant les nombres en regard des différentes échelles :

Si ces dernières sont de même sens, le rapport des nombres est constant.

Si elles sont de sens inverse, le produit des nombres est constant.

Et dans les deux cas, le résultat se trouve sur la règle en regard du 1 ou index de la réglette.

La réglette a trois index : un à chaque extrémité des deux échelles du bas et un au milieu de l'échelle supérieure.

Multiplication.

$$a \times b.$$

Prendre a sur la règle (échelle supérieure ou inférieure), puis amener un quelconque des index de la réglette en regard de a et faire glisser le curseur jusqu'à ce que son trait se trouve sur la valeur de b prise sur une échelle supérieure ou inférieure de la réglette ; on trouvera alors le résultat sur une échelle de la règle sous le trait du curseur.

Remarque importante. — Il faut toujours employer un nombre pair de fois les échelles supérieures (celles qui ont l'index au milieu, règle ou réglette).

Exemple : $3 \times 8 = 24$ peut se faire des façons suivantes :

I. — Mettre le curseur sur le 3, échelle inférieure règle ;

II. — Amener l'index supérieur réglette sous le curseur ;

III. — Amener le curseur sur le 8, échelle supérieure réglette ;

IV. — Lire le résultat 24 sous le curseur échelle inférieure règle. Echelles supérieures employées 2 fois (opérat. II et III).

I. — Prendre le 3 sur échelle inférieure règle ;

II. — Amener l'index de gauche réglette au-dessus du 3 ;

III. — Amener le curseur sur le 8 échelle supérieure réglette ;

IV. — Lire le résultat 24 sous le curseur, échelle supérieure règle.

Echelles supérieures employées 2 fois (opérat. III et IV).

I. — Prendre le 3 sur échelle supérieure règle ;

II. — Amener l'index supérieur réglette sous le 3 ;

III. — Amener le curseur sur le 8 échelle supérieure réglette ;

IV. — Lire le résultat 24 sous le curseur échelle supérieure règle.

Echelles supérieures employées 4 fois (opérat. I, II, III, IV).

I. — Prendre le 3 sur échelle inférieure règle ;

II. — Amener l'index de droite de la réglette au-dessus du 3 ;

III. — Amener le curseur sur le 8 échelle inférieure réglette ;

IV. — Lire le résultat 24 sous le curseur échelle inférieure règle.

Echelles supérieures pas employées.

Lorsque la multiplication comporte des facteurs décimaux, il faut se souvenir que le produit de deux facteurs a un nombre de chiffres entiers *égal au total* des chiffres entiers des deux facteurs lorsque la valeur absolue de l'un d'eux est supérieure à l'inverse de l'autre et le nombre entier de chiffres est *égal au total moins un* des chiffres entiers des facteurs lorsque la valeur absolue d'un des facteurs est inférieure à l'inverse de l'autre.

Pratiquement, lorsque l'on emploie l'échelle inférieure de la règle et de la réglette, le premier facteur étant pris sur *l'échelle de la règle* en correspondance avec un des index, le produit a autant de chiffres entiers qu'il y en a dans les facteurs :

1° Si, la réglette étant tirée à droite, le produit se trouve dans la région médiane de la règle ;

2° Si, la réglette étant tirée à gauche, le produit se trouve dans les extrémités de la règle.

Lorsque l'on multiplie des facteurs dont le nombre de chiffres du produit dépasse l'approximation de la règle qui est de 3 ou 4 chiffres, pour avoir le résultat précis, il est nécessaire de connaître les derniers chiffres exacts de ce produit.

On remarque que le dernier chiffre d'un produit est le même que le dernier chiffre du produit l'un par l'autre des derniers chiffres des facteurs. Ainsi, $342 \times 273 = 93366$ a pour dernier chiffre 6 qui est le même que le produit de $2 \times 3 = 6$ des deux derniers chiffres du facteur.

Pour avoir les deux derniers chiffres, il en est de même, c'est-à-dire que les 2 derniers chiffres d'un produit de deux facteurs est le même que les 2 derniers chiffres du produit des deux derniers chiffres de ces deux facteurs. Ainsi dans l'exemple précédent.

$342 \times 273 = 93366$ les deux derniers chiffres 66 sont les mêmes que ceux du produit des deux derniers chiffres de ces deux facteurs $42 \times 73 = 3066$.

Enfin, pour avoir les 3 derniers chiffres du produit, reprenons le produit auxiliaire précédent 3066. Si nous ajoutons à l'antepénultième chiffre, c'est-à-dire au chiffre du rang des centaines soit 0, le dernier chiffre de la somme des produits en croix des centaines de chaque facteur par les unités de l'autre, soit : $3 \times 3 + 2 \times 2 = 13$, donc $0 + 3 = 3$; ce chiffre 3 est le premier des 3 derniers chiffres du produit, les deux suivants étant 66, les trois derniers chiffres seront donc 366.

D'autre part, il est bon de se souvenir de la règle relative au nombre de chiffres entiers d'un produit ; pour ne pas perdre son temps inutilement et suivant le cas, limiter la recherche au dernier ou aux deux derniers chiffres s'il n'est pas nécessaire de rechercher les 3 derniers.

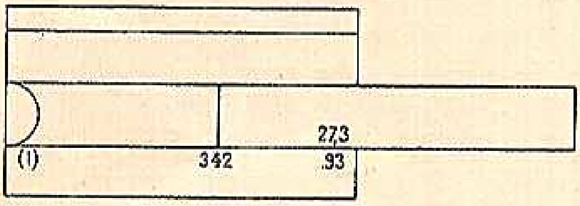
Ainsi dans l'exemple que nous avons pris, 342×273, la règle du nombre de chiffres entiers du produit donnerait :

1° En se servant de la théorie : l'inverse de $273 = \frac{1}{273} = 366$, la valeur absolue de 342 étant moindre que l'inverse 366 de 273, le nombre de chiffres entiers du produit sera égal à la somme des chiffres moins un donc 5.

2° Par la règle à calcul : en utilisant l'échelle n° 1 avec le tirage de la réglette à droite.

Si on prend 342 sur la règle et 273 sur la réglette, le produit se trouve à une extrémité de la règle, c'est donc bien la somme des chiffres moins un qui donnera le nombre de chiffres entiers du produit. Le produit aura donc 5 chiffres.

La règle en donnant 3, il n'y a que les 2 derniers à trouver, mais s'il y avait hésitation à déterminer le troisième, ce qui arrive dans le cas présent, la lecture se faisant dans les graduations les plus petites de la division de la règle, on pourrait déterminer les 3 derniers chiffres.



Le tableau collé au dos de la règle donne les 3 derniers chiffres d'un carré.

Division.

La division est l'opération inverse de la multiplication et ici le produit prend le nom de dividende, le facteur connu celui de diviseur et le facteur inconnu quotient.

Pour effectuer la division $\frac{a}{b}$, prendre *a sur la règle* (échelle inférieure n° 1 ou échelle supérieure n° 2) et amener *b* pris sur la même échelle de la réglette en regard de *a*, le quotient se lira en regard de l'un des index *de la réglette*, celui qui ne sort pas de la règle.

L'index qui doit servir doit être pris sur la même échelle que le dividende. Si *a* a été pris sur l'échelle de la réglette et *b* sur la règle, c'est l'index de la règle qui donnerait le quotient lu sur la réglette.

Dans certaines opérations, il est avantageux de se servir d'échelles différentes ; dans ce cas, il faut retenir que l'index de l'échelle coupée n° 2 se trouve au milieu.

Exemple : $\frac{4}{2} = 2$ peut se faire des façons différentes suivantes :

1° Mettre le curseur sur le 4 échelle n° 1 inférieure règle. Amener le 2 échelle n° 1 inférieure réglette sous le curseur, lire le quotient sur l'échelle inférieure de la règle en regard de l'index de gauche de la réglette.

2° Mettre le curseur en regard du 4 échelle n° 2 coupée (supérieure de la règle).

Amener le 2 échelle n° 2 coupée de la réglette sous le curseur lire, le quotient sur l'échelle n° 1 inférieure de la règle en regard de l'index de droite de l'échelle n° 1 coupée de la réglette.

3° Mettre le curseur en regard du 4 de l'échelle n° 1 inférieure de la règle.

Amener l'index de droite de l'échelle n° 3 renversée de la réglette sous le curseur.

Lire le quotient sur l'échelle n° 1 inférieure règle en regard du 2 pris sur l'échelle n° 3 renversée de la réglette.

4° Mettre le curseur en regard du 4 de l'échelle (2) coupée (supérieure de la règle). Amener l'index de l'échelle (3) renversée de la réglette sous le curseur. Lire le quotient sur l'échelle (2) supérieure coupée de la règle en regard du 2 pris sur l'échelle (3) renversée de la réglette.

Dans ces opérations, prendre l'index de gauche ou de droite, de façon que la réglette soit sortie de la règle de moins de moitié de sa longueur.

Comme pour la multiplication, il est souvent nécessaire de connaître la position de la virgule dans le quotient et on remarque que le quotient de deux nombres entiers a autant de chiffres entiers que le dividende en a de plus que le diviseur ou un nombre égal à cette différence, augmentée d'une unité.

Pour déterminer dans quel cas on se trouve, on prend à partir de la gauche un nombre égal de chiffres au dividende et au diviseur. Si la valeur absolue des chiffres du dividende est plus faible que celle des chiffres du diviseur, le nombre de chiffres entiers du quotient est égal à la différence du nombre de chiffres du dividende et de ceux du diviseur. Si au contraire la valeur absolue des chiffres du dividende est plus grande que celle du diviseur, le nombre de chiffres entiers du quotient est égal à la différence des nombres des deux plus 1.

Comme pour la multiplication, on peut déterminer ce nombre par la règle, en remarquant que dans les deux premiers procédés de division, c'est-à-dire avec les échelles directes n° 1 et n° 2, si on emploie la correspondance $\frac{\text{dividende}}{\text{diviseur}}$ ou $\frac{\text{dividende}}{\text{quotient}}$ le nombre de chiffres entiers du quotient sera égal à la différence des nombres du dividende et du diviseur si la réglette tirée à droite, ces correspondances sont lues dans la région centrale de la règle et si la réglette est sortie à gauche si ces correspondances tombent aux extrémités. Différemment, le nombre de chiffres entiers du quotient serait égal à la différence plus 1.

Lorsque l'opération est effectuée au moyen de l'échelle renversée n° 3, il y a deux cas à considérer, suivant que l'on se sert de l'échelle n° 1 inférieure règle ou n° 2 coupée supérieure.

Dans le premier cas, si la réglette est sortie à droite le nombre de chiffres entiers est la différence des chiffres du dividende et du diviseur et si la réglette est sortie à gauche, le nombre de chiffres entiers est la différence plus un.

Dans le deuxième cas, étant entendu que l'opération se fait normalement, c'est-à-dire sans que la réglette soit sortie d'une longueur plus grande que sa moitié.

Lorsque le diviseur et le quotient sont à gauche du deuxième indicateur de la règle, le nombre de chiffres entiers est égal à la différence.

Lorsque le diviseur et le quotient sont à droite du deuxième indicateur de la règle, le nombre de chiffres est la différence plus 1.

La possibilité de ne pas lire les résultats partiels d'opérations complexes, tels que multiplications successives combinées ou non avec des divisions ou autres opérations rends les calculs extrêmement rapides. Il en est de même pour la division et on a, dans leur application, les cas particuliers du carré, du cube d'un nombre, de la racine carrée et de la racine cubique.

Carrés, cubes, racines. — Il est souvent nécessaire, non seulement de calculer le carré et le cube d'un nombre, mais aussi d'avoir à effectuer des opérations avec les carrés et cubes. C'est pour cette raison que la règle porte les échelles des carrés et des cubes. Ces échelles, placées en correspondance directe avec l'échelle n° 1 et inverse avec l'échelle n° 3 permettent de trouver les carrés et cubes par simple lecture et de faire un produit ou trouver un quotient par un seul mouvement de réglette.

Le cube étant fréquemment employé en navigation, nous avons cru utile de placer l'échelle des cubes en correspondance avec celle des carrés.

Nous rappelons que le dos de la règle porte un tableau des trois derniers chiffres d'un carré, ce qui évitera le calcul de ces chiffres comme il a été expliqué plus haut.

Pour les racines, le problème est l'inverse et nous croyons qu'il est inutile de nous étendre sur ces opérations qui n'ont rien de particulier.

Echelles trigonométriques. — Ces échelles, placées en correspondance avec les autres échelles de la règle, permettent d'effectuer les opérations précédentes, soit entre lignes trigonométriques, soit entre nombres et lignes trigonométriques. Il suffit de se reporter aux échelles convenables et tenir compte, pour la virgule, du coefficient indiqué dans la partie concernant la nomenclature des échelles.

Nous pensons que le mécanisme de la règle peut être bien saisi et qu'il suffira au lecteur de quelques heures de pratique intelligente pour être tout à fait familiarisé avec cet instrument.

Si, pour des raisons particulières, l'étude de cet instrument voulait être poussée dans tous ses détails, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage très complet qu'est le traité théorique et pratique des Règles à calcul Beghin, 7e édition 1922, ou en plus d'une théorie très complète un grand nombre d'exemples illustrent magistralement les démonstrations. Pour ce qui nous concerne, nous allons passer aux problèmes plus spéciaux à la navigation ; en les détaillant, nous pensons donner au lecteur le moyen de posséder rapidement le maniement de l'instrument qui ne le quittera plus désormais et avec lequel il trouvera de lui-même un grand nombre d'applications très ingénieuses.

Problèmes de navigation.

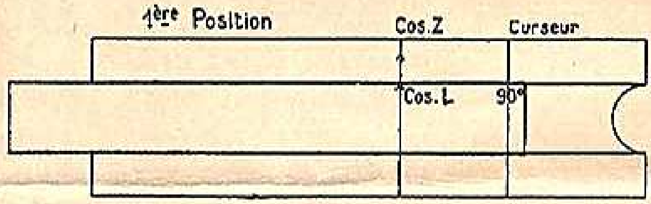
Correction Pagel.

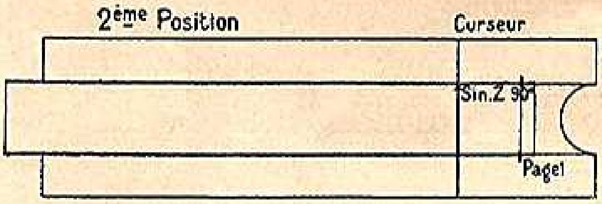
On résoud la formule :

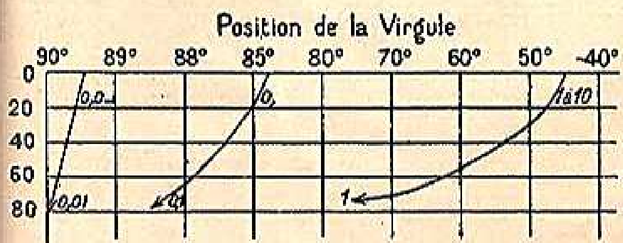
$$P = \frac{\sin Z \cos L}{\cos Z}$$

La réglette est retournée, on place le curseur sur cos Z lu sur la règle, on amène cos L de la réglette sous le curseur, on déplace celui-ci jusqu'à un des index de la réglette, première position.

On pousse ensuite la réglette pour amener le sin Z lu sur son échelle sous le curseur, on lit alors sur l'échelle du bas de la règle la valeur de P, deuxième position .







Distance à un objet connaissant son élévation en mètres h et sa hauteur angulaire α en minutes de degrés.

On a la formule :

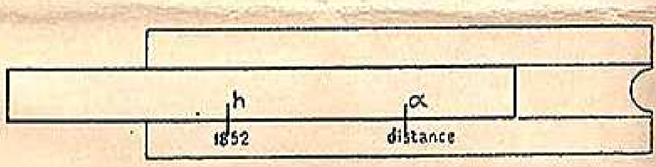
$$\text{Dist.} = \frac{18{,}52 \times h}{\alpha}$$

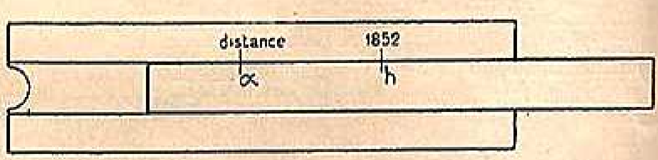
Faire coulisser la réglette pour amener h pris sur la réglette en regard du nombre 1 852 lu sur la règle, on trouvera la distance sur la règle en regard d'α lu sur la réglette.

Nota. — Toujours lire la distance sur la même échelle que le nombre 1852, échelle supérieure ou échelle inférieure.

La distance est obtenue en milles.

Si on veut la distance en mètres, remplacer 1.852 par 344″.



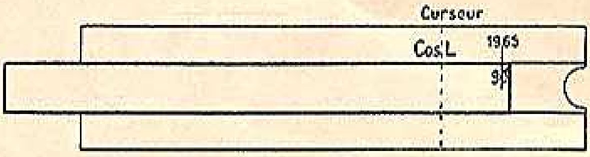


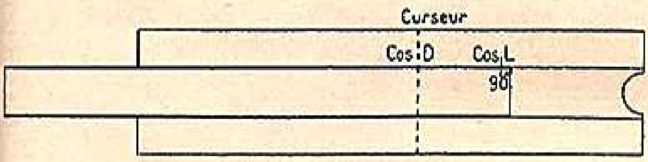
Recherche de α des circumméridiennes.

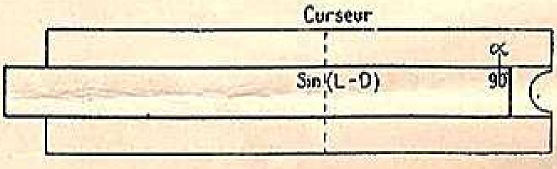
On a la formule :

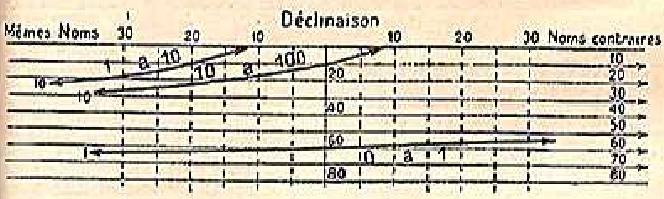
$$\alpha = 1{,}965 \frac{\cos L \cos D}{\sin (L - D)} \text{ algébriquement.}$$

On retourne la réglette, on met son sin 90 en regard de 1,965 de l'échelle supérieure de la règle, on met le curseur sur cos L de la réglette on pousse celle-ci pour amener le sin 90 sous le curseur, on pousse ce dernier jusqu'à cos D et enfin la réglette de façon à amener sin (L — D) sous le curseur on lit α sur l'échelle supérieure de la règle en face d'un des index de la réglette.









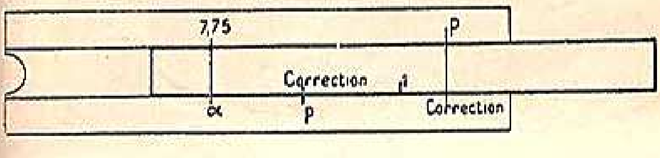
Calcul de αp^2 des circumméridiennes.

Résoudre :

$$\text{Correct.} = \frac{\alpha p^2}{60} = \alpha \left(\frac{p}{7{,}75}\right)^2$$

On opère comme pour le poids des pièces 7,75 étant considéré comme un diviseur.

Pour $7^m{,}75$ minutes de temps la correction est égale à α considéré comme des minutes de degré ; c'est une indication pour la position de la virgule dans la correction cherchée. Prendre α et la correction sur l'échelle des carrés.



Point estimé.

On résoud les formules :

$$l = m \cos V$$

$$g = \frac{m \sin V}{\cos Lm}$$

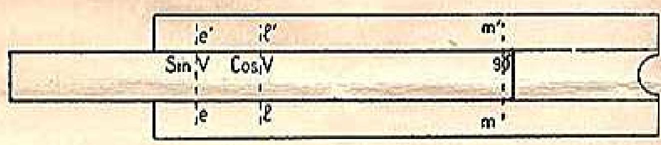
Au moyen de l'échelle des sinus de la réglette retournée.

On fait coïncider sin 90° avec le nombre de mille m pris en bas ou en haut, on a l en regard de cos V et e en regard de sin V ; ayant mis le curseur sur sin V, pousser la réglette de façon à amener cos L sous le trait du curseur, on a g en face de sin 90.

Le cos est l'inverse du sin, c'est-à-dire que le sinus se lit directement sur l'échelle supérieure de la réglette retournée et le cos, se lit à l'envers en commençant à partir de 90°, c'est-à-dire de droite à gauche.

Exemple : On a fait 36 milles au N. 32 E. du monde :

I = 30,5	e = 19,1	L = 39,45
	g = 24,9	G = 1°



Portée géographique d'un phare

On a la formule :

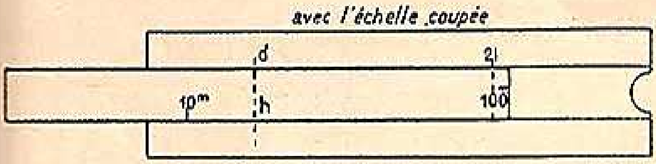
Portée géographique = $K\sqrt{e} + K\sqrt{h}$
e est la hauteur de l'œil en mètres.
h la hauteur du phare en mètres.
h un facteur constant qui a pour valeur :

2,0 quand il fait chaud ;
2,1 quand il fait froid.

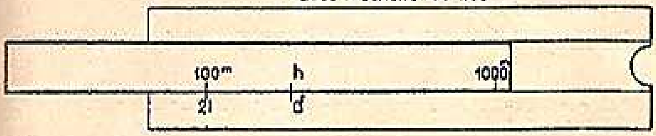
La valeur $K\sqrt{e}$ peut être calculée d'avance on emploie l'échelle des carrés.

Se servir de l'échelle des carrés, mettre le 1 de droite représentant 100 mètres en regard de 21 milles échelle du haut ou du bas suivant les cas, la distance se trouve sur cette échelle en regard de la hauteur prise sur l'échelle des carrés.

avec l'échelle coupée



avec l'échelle du bas

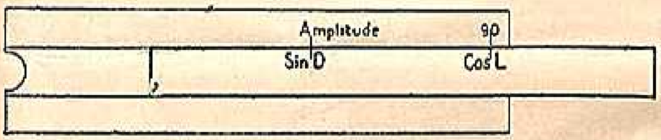


Amplitude.

Résoudre :

$$\frac{\sin 90}{\cos L} = \frac{\sin \text{ampli}}{\sin D}$$

Retourner la réglette, la sortir à droite jusqu'à ce que cos L pris sur son échelle supérieure, soit en regard de sinus 90° de la règle on aura l'amplitude sur la règle en regard de sin D pris sur la réglette.

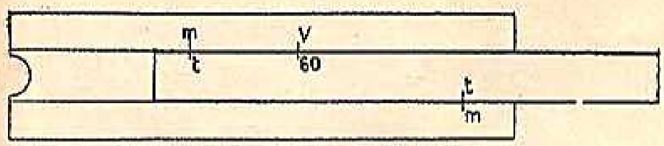


Chemin parcouru *m* en *t* minutes à la vitesse V.

Résoudre :

$$m = \frac{V \times t}{60}$$

Mettre 60 de l'échelle du haut de la réglette en regard de la vitesse prise sur l'échelle supérieure de la règle. En regard de l'intervalle *t* en minutes pris sur la réglette (échelle supérieure) on trouve le chemin parcouru *m* sur l'échelle correspondante de la règle.



Heure d'un travers par deux relèvements consécutifs α et β et l'intervalle *t* minutes.

Résoudre :

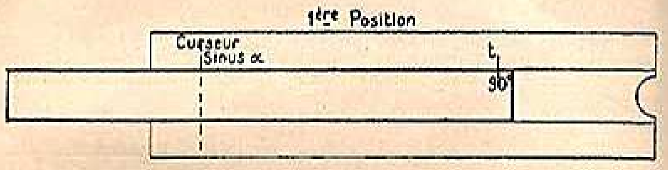
$$T = t \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sin (\beta - \alpha)}$$

Retourner la réglette et mettre sin 90° en regard de l'intervalle *t* minutes pris en haut ou en bas, pousser le curseur jusqu'à sinus α, faire ensuite glisser la réglette jusqu'à ce que sin $(\beta - \alpha)$ vienne sous le curseur et on lira T sur la règle en haut ou en bas en regard de cos β de la réglette.

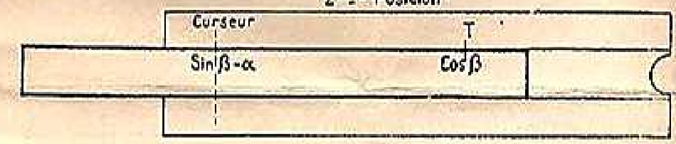
$$\text{Heure trav.} = \text{Heure } 2^{me} \text{ relèv.} + T$$

T et *t* sont pris sur l'échelle inférieure de la règle, si la réglette sort moins dans ce cas.

1ère Position



2ème Position



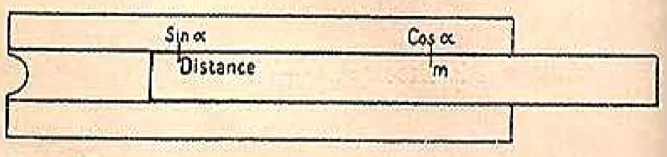
Distance à un phare par un relèvement α et le travers ayant parcouru *m* milles dans l'intervalle.

Résoudre :

$$\frac{\cos \alpha}{m} = \frac{\sin \alpha}{\text{Distance}}$$

La réglette étant dans la position normale, mettre en regard *m* pris sur la réglette avec cos β pris sur la règle. En regard de Sin α de la règle on aura la distance au moment du travers sur l'échelle de la réglette ou a été pris *m*.

Distance et *m* sont pris sur l'échelle inférieure de la réglette si celle-ci sort moins dans ce cas.



Angle α pour passer à une distance m d'un phare qui se trouve à D milles

Résoudre $m = D \sin \alpha$.

Sortir la réglette à droite jusqu'à ce que D pris sur l'échelle supérieure ou inférieure (toujours celle qui exige le moindre déplacement) se trouve en regard de sin 90°.

On trouve sur la règle sin α en regard de m pris sur l'échelle où on a pris D.

Inversement, on peut calculer m connaissant α et D.

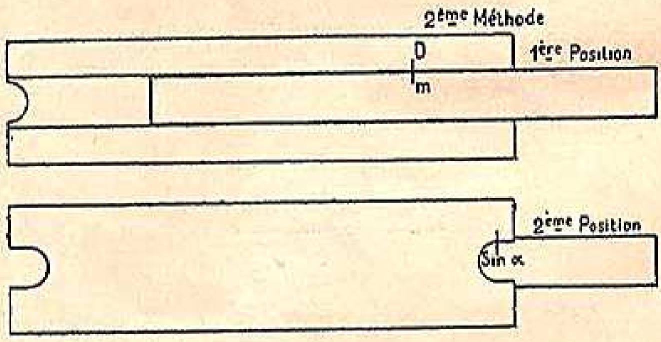
Deuxième méthode

Résoudre :

$$\sin \alpha = \frac{m}{D}$$

On amène m lu sur la réglette en regard de D pris sur l'échelle correspondante de la règle, on trouve sin α dans l'une des échancrures du revers de la règle.

On emploie indifféremment les échelles supérieures ou inférieures.



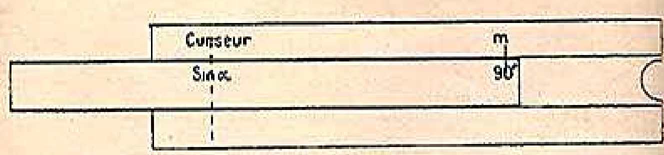
Distance à un phare par deux relèvements consécutifs α et β et la route m dans l'intervalle.

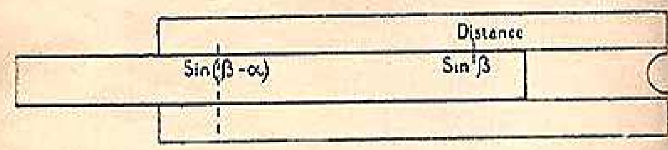
Résoudre :

$$\text{Distance} = m \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin (\beta - \alpha)}$$

Retourner la réglette et mettre sin 90 en regard du chemin parcouru m pris en haut ou en bas, pousser le curseur jusqu'à sin α, pousser la réglette de façon que sin $(\beta - \alpha)$ vienne sous le curseur et on lira la distance

cherchée sur la règle en haut ou en bas en regard de sin β de la réglette.





Azimut connaissant D, H et P.

Résoudre :

$$\frac{\cos H}{\sin P} = \frac{\cos D}{\sin Z}$$

On emploie la réglette retournée et les trois échelles des sinus.

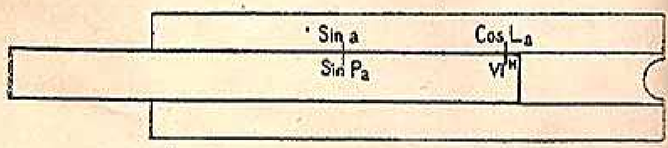
Mettre sin P lu sur l'échelle du milieu de la régette en regard de cos H lu sur l'échelle des sinus de la règle (lecture à faire de droite à gauche), en regard de cos D lu sur la même échelle et de la même manière on trouvera sin Z lu sur l'échelle supérieure de la réglette.

Recherche de la page dans la Table zonique pour le calcul de la droite de hauteur $a = x$ degrés.

Résoudre :

$$\sin a = \cos L_a \sin P_a$$

Retourner la réglette, mettre sin 6h en regard de cos L_a de la règle et on trouvera sur cette dernière sin a en regard de sin P_a de la réglette.



Nous pourrions résoudre ainsi un grand nombre de problèmes, mais nous nous contentons d'indiquer les plus fréquents pour lesquels on est généralement pressé et qui se font sur la passerelle. Ils sont suffisamment variés pour que le lecteur qui aura acquis la pratique de l'instrument en les résolvant ne soit gêné devant la résolution d'aucun autre, mais comme nous l'avons déjà dit plus haut, l'ouvrage très complet de M. Beghin fournira toute la documentation désirée si celle-ci est trouvée insuffisante et nous y renvoyons le lecteur.

ORLÉANS — IMP. H. TESSIER