INSTRUCTION

SUR LA

RÈGLE A CALCUL

A DEUX RÉGLETTES, DE E. PERAUX

PAR

E. PERAUX, A NANCY

Prix : 0 fr. 75

PARIS
TAVERNIER-GRAVET, Succr DE GRAVET-LENOIR
INSTRUMENTS DE MATHÉMATIQUES
ET FABRIQUE DE RÈGLES A CALCUL FONDÉE EN 1820
Médaille d'Or à l'Exposition universelle de 1878
19, RUE DE MAYET, CI-DEVANT RUE DE BABYLONE, 39

1893

INSTRUCTION
SUR LA
RÈGLE A CALCUL
A DEUX RÉGLETTES, DE E. PERAUX
PAR
E. PERAUX, A NANCY
Prix : 0 fr. 75
PARIS
TAVERNIER-GRAVET, Succr DE GRAVET-LENOIR
INSTRUMENTS DE MATHÉMATIQUES
ET FABRIQUE DE RÈGLES A CALCUL FONDÉE EN 1820
Médaille d'Or à l'Exposition universelle de 1878
19, RUE DE MAYET, CI-DEVANT RUE DE BABYLONE, 39
1893

PRÉFACE

Dix ans après l'invention des logarithmes, en 1624, un mathématicien anglais, Edmond Gunter, imagina de porter sur une règle des longueurs proportionnelles aux logarithmes des nombres et d'obtenir par le compas le résultat d'une multiplication ou d'une division. C'est en 1657 que Seth Partridge construisit la règle glissante à calcul telle qu'on l'emploie aujourd'hui.

Les résultats des opérations obtenues par une règle logarithmique ou à calcul sont d'autant plus rapprochés que la grandeur de l'échelle permet d'insérer un plus grand nombre de divisions. Comme instrument portatif la règle à calcul de 0.26 de longueur est le modèle le plus généralement adopté. Elle se compose d'une règle fixe dans laquelle glisse une réglette. La partie principale contient les divisions de deux échelles de 0.125 de longueur identiques et consécutives. L'insuffisance des résultats obtenus avec cette règle en restreint beaucoup l'emploi et l'empêche de se répandre. Aussi on a été amené à rechercher des instruments logarithmiques qui aient le plus de surface divisée sous la plus petite dimension possible. On a disposé une échelle simple de 0.25 sur une règle ou sur un cercle mobile. Le système circulaire s'est peu répandu, il est plus difficile à ajuster, l'instrument doit être retourné pour chaque lecture et les opérations qu'il permet de faire sont très limitées.

La Régle à calcul Péraux porte deux réglettes et, à longueur égale, son échelle est quatre fois plus grande que celle de la Règle ordinaire. La règle a deux réglettes de 0.26 à l'échelle 0.50 équivaut à une règle ordinaire de 1 mètre ou a une règle circulaire de 0.18 de diamètre. Pour le travail de bureau la règle à deux réglettes de 0.51 de longueur à l'échelle 1ᵐ peut rendre de grands services. Elle tient lieu d'une règle ordinaire de deux mètres qui ne serait pas maniable et que l'on ne pourrait construire avec autant de précision.

Cette instruction ne contient que les explications élémentaires et indispensables sur le système à deux réglettes. Les principes généraux étant les mêmes pour tous les modèles d'instruments logarithmiques on pourra utiliser et appliquer à la Règle Péraux les renseignements contenus dans les ouvrages plus détaillés sur cette matière

La règle à calcul figurée sur la planche est à l'échelle 0.25. L'instruction s'applique à la Règle à l'échelle 0.50 de 0.26 de longueur.

La planche qui représente les diverses parties de la Règle à deux réglettes est disposée de manière que l'on peut détacher les réglettes et les faire manœuvrer sur la règle fixe.

Cette planche contient aussi quatre petites tables

graphiques de cœfficients que l'on peut découper et coller dans le fond de la coulisse sous les réglettes. L'emploi en est indiqué dans les applications.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale qui a beaucoup contribué à vulgariser la Règle logarithmique a décerné à M. Péraux une médaille de bronze pour sa Règle à deux réglettes, d'après le rapport présenté au nom du comité des arts mécaniques par M. le Colonel Goulier. Ce rapport a été publié dans le *Bulletin de la Société*, en février 1893.

DESCRIPTION

DE LA

RÈGLE A CALCUL

A DEUX RÉGLETTES

La Règle à calcul ou Règle logarithmique sert à trouver très promptement les résultats de toutes les opérations de l'arithmétique exceptés ceux de l'addition et de la soustraction.

Les résultats ne sont souvent qu'approximatifs.

Le nombre de chiffres obtenus exactement varie entre quatre et cinq chiffres sur la Règle à deux réglettes du système Péraux.

Cette règle se compose d'une partie fixe qui est la Règle et deux parties mobiles, la Réglette supérieure et la Réglette inférieure glissant parallèlement dans deux coulisses à l'intérieur de la Règle.

La Règle et les Réglettes portent sur leurs faces des échelles graduées dont les divisions inégales vont en décroissant vers la droite suivant une loi qui a son principe dans les logarithmes.

Pour trouver les résultats que l'on cherche, il suffit d'ajuster convenablement les Réglettes dans la Règle et de donner une valeur numérique à leurs divisions correspondantes.

Pour mieux se reconnaître parmi toutes ces divisions, il sera utile de faire sortir presque entièrement les Réglettes de leurs coulisses. On remarque à la

première vue que les deux Réglettes sont divisées de la même manière et sont identiques. Leurs rives supérieures portent les divisions de 1 à 32 et les rives inférieures de 31 à 10. La Règle fixe se compose de trois parties. Les rives supérieures et inférieures contiennent les divisions de 1 à 32. Les deux rives du milieu de 31 à 10.

Si l'on rentre les Réglettes dans leurs coulisses, on voit, qu'après avoir fait coïncider le 1 de la Réglette supérieure avec le 1 de la Régle fixe, les divisions de cette Réglette correspondent aux mêmes divisions sur la Règle. Il n'en est pas de même de la Réglette inférieure dont les divisions de 1 à 32 correspondent sur la Règle aux divisions de 32 à 10 et inversement.

Les propriétés de la Règle Péraux reposent sur les combinaisons de ces différentes échelles.

On appellera : Echelle une série de divisions de 1 à 10.

Demi échelle la moitié de la longueur d'une échelle entière soit la longueur comprise entre 1 et 3.162 valeur de la racine carrée de 10, ou entre 3.162 et 10. Ce nombre 3.16228 est représenté par un grand trait à la droite de la division 316.

Indicateur, les premiers et les derniers traits d'une échelle entière marquée 1 à gauche et 10 à droite.

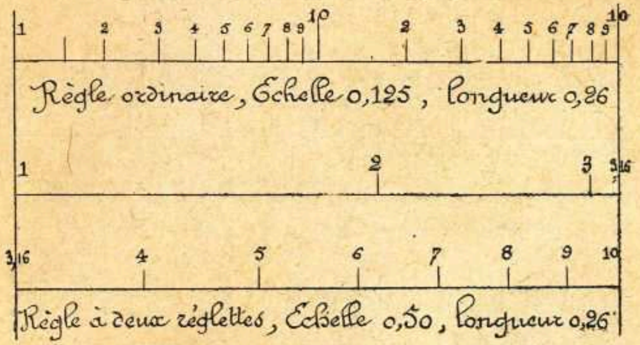
Rive, une ligne divisée de la Règle ou des Réglettes occupant toute la longueur de l'instrument.

Signe, la petite croix + gravée à l'extrémité de certaine demi-échelles et déstinée à indiquer le nombre de chiffres d'un résultat.

Ce signe peut être facilement remplacé par un simple point s'il n'est pas porté sur la Règle et suivant l'indication de la Règle à calcul figurée sur la planche à la fin de l'instruction.

Par les dispositions des demi-échelles la Règle à deux réglettes peut recevoir les divisons qui seraient portées sur une Règle ordinaire quatre fois plus longue.

La règle ordinaire se compose de deux échelles entières et consécutives occupant sur chaque rive toute la longueur de la Règle.



Sur la Règle Péraux sont réparties quatre demi-échelles sur la Règle fixe et quatre sur les réglettes.

On se rend compte des deux systèmes de Règles en comparant la position des divisions principales de chaque Règle pour une même échelle ainsi que les différences des intervalles entre ces divisions.

Manière de lire les nombres sur la Règle à l'échelle 0.50 de 26 cent.

Les divisions principales portant un seul chiffre contiennent chacune dix divisions de second ordre qui sont elles-mêmes subdivisées de trois manières suivant la grandeur de leurs intervalles.

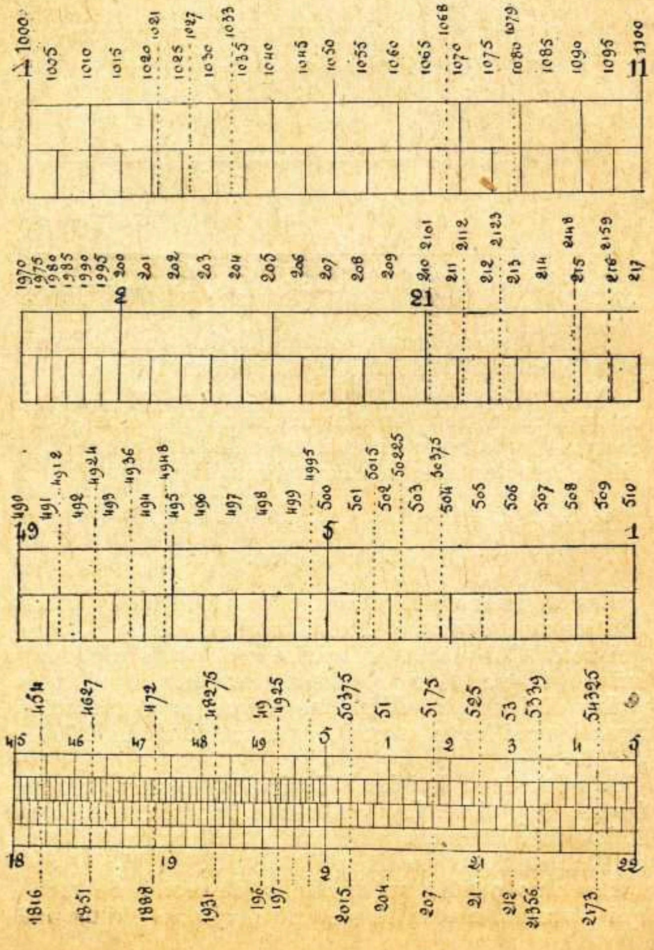
Les divisions de deuxième ordre sont numérotées avec des chiffres plus petits comme 11, 12, 13, 27, 28 48, 49.

A partir de la division principale 5 le premier chiffre est supprimé. Les chiffres qui suivent 5 comme 1, 2, 3 doivent se lire 51, 52, 53 et les derniers chiffres de l'échelle 7, 8, 9 se lisent 91, 98, 99.

Les plus petites subdivisions de troisième ordre qui devraient porter trois et même quatre chiffres ne

VALEUR DES DIVISIONS

MANIÈRE DE LIRE LES NOMBRES



reçoivent plus, faute d'espace, aucune indication numérique. On leur assigne leur valeur d'apres le rang que chaque trait occupe dans la série, comme on compte les millimètres entre deux centimètres.

Dans une Règle à calcul un espace subdivisé est toujours partagé en deux, en cinq ou en dix parties. Lorsque par suite de la décroissance des divisions, les traits deviennent trop rapprochés une partie des traits est supprimée et une autre série de divisions commence. Les subdivisions forment trois séries. La première va de 1 à 2, la deuxième de 2 à 5 et la troisième de 5 à 10.

L'indication d'un nombre est indépendant de la valeur décimale de ses unités.

Ainsi le chiffre 2 placé entre les nombres 19 et 21 exprime indifféremment les nombres où le chiffre 2 apparait suivi ou précédé de zéros commé 20, 200, 2000 ou 0.2 ou 0.002 de même 19 et 21 expriment 190, 1900 ou 0.19 ou 210, 21000 etc.

La manière de lire les nombres est figurée au moyen d'exemples à grande échelle.

1re *série de lectures de 1 à 2* — Entre les divisions principales 1 et 2 il y a 200 divisions intermédiaires correspondant aux 200 nombres que l'on peut insérer de 5 en 5 entre 1 et 2, ou 10 et 20 ou 100 et 200 ou 1000 et 2000 de telle sorte que si 1 est pris pour sa valeur réelle, le premier petit trait à la droite de 1 correspond à 1.005, le second trait plus grand à 1.010 le troisième à 1.015 etc., les petits traits indiquant les 5. Si 1 représente 10 on lira successivement 10, 10,05 10.10, 10.15 etc., et si 1 représente 100 on lira 100, 100.5, 101, 101.5. Si 1 représente 1000 on lira 1000, 1005, 1010, 1015.

Sur les exemples figurés on a indiqué par des nombres placés en travers, les valeurs correspondantes a chaque division dans l'hypothèse où 1 est pris pour 1000, tous les autres cas se ramènent aisément à celui-là.

2me *série entre 2 et 5* — C'est la série la plus simple, elle contient 300 divisions : suivant les cas les divisions qui suivent 2 représentent

	2.01	2.02	2.02	etc.
ou	20.1	2.01	20.3	etc.
ou	201	202	203	etc.
ou	2010	2020	2030	etc.

3me *série entre 5 et 10* — Elle contient 250 divisions, un trait est supprimé sur deux, de telle sorte que suivant les cas, on aura pour les valeurs des divisions qui suivent 5.

5.02	5.04	5.06	etc.
50.2	50.4	50.6	etc.
502	504	506	etc.

Le dernier chiffre à droite étant toujours pair.

Quoique le trait qui devrait indiquer les divisions impaires soit supprimé comme 501, 503, il est facile de l'estimer à vue à la place qu'il devrait occuper au milieu de l'intervalle qui sépare deux traits. Les traits supposés ou estimés à vue sont représentés par un

trait pointillé

De même qu'on a pu lire sur la règle les nombres 501, 503, de même on devra subdiviser, à vue par estimation en deux ou en cinq ou en 10 parties, un intervalle quelconque pris dans une autre série. On pourra aussi estimer par quart et par huitième donnant 50025 5005 50075 501 ou par tiers 50033.... 50066... C'est dans cette estimation que réside la seule difficulté dans l'emploi de la Règle à calcul. Avec l'habitude de l'instrument on arrive à estimer à un dixième de millimètres près un point considéré dans un intervalle. On s'exercera à lire sur la Règle les exemples des figures.

Quoique les explications qui précèdent s'appliquent particulièrement à la Règle à calcul à l'échelle 0.50. On pourra aussi facilement lire les nombres sur d'autres échelles où l'on retrouve toujours les trois genres de séries disposées suivant la grandeur de l'échelle.

Exemple *de divisions qui se correspondent sur la Règle et sur les Réglettes.*

Soit le 5 de la réglette inf. amené au-dessus du 2 de la Règle. Dans les nombres qui expriment la valeur des divisions, les chiffres à gauche estimés à vue sont séparés par une virgule, comme 1851 correspond à 462, 7 et 201,5 à 50,375 ; dans ce dernier nombre 50,375 le troisième chiffre 3 quoique estimé à vue est lu sans incertitude parce que le quatrième chiffre 5 de 2015 indique très visiblement la deuxième moitié ou les trois quarts de l'intervalle entre 502 et 504 et tombe entre 503 et 504.

Dans le nombre 213.56 correspondant à 53,39. on ne peut estimer le cinquième chiffre 6, on lira comme si le nombre était 213,6 et au lieu de 53,39 on lira 53.4.

Dans cette position de la Réglette tous les nombres sont dans le rapport $\frac{5}{2}$ ou $\frac{2}{5}$ si on leur donne des valeurs décimales convenables.

MULTIPLICATION

Pour opérer une multiplication on fait coïncider un des traits indicateurs 1 ou 10 des Réglettes ou de la Règle avec un des facteurs ; on prend, sur la même Règle que l'indicateur, l'autre facteur auquel correspond le produit ; c'est-à-dire que si l'indicateur est pris sur une réglette, le produit se lit sur la règle fixe et réciproquement.

Soit le multiplicateur qui multiplie les nombres suivants.

$12 \times 2 = 24$ $12 \times 13 = 156$ $12 \times 147 = 1764$
$12 \times 4 = 48$ $12 \times 125 = 1500$ $12 \times 1347 = 16164$
$12 \times 8 = 96$ $12 \times 47 = 564$.

On amène l'indicateur 1 de la réglette supérieure

sous le multiplicateur 12 de la règle fixe. On prend les nombres à multiplier sur la réglette et les produits correspondants sur la règle.

Dans ces multiplications dont les produits ont jusqu'à cinq chiffres, il faut distinguer deux cas.

1° Les produits ne dépassent pas trois chiffres. Ils correspondent exactement à des nombres représentés par des traits, on voit facilement sur la rive supérieure de la réglette supérieure les produits 24 au-dessus du 2 de la réglette, 15 au-dessus de 125 ; 156 pris au sixième trait entre 15 et 16 au-dessus de 13. Sur la rive inférieure de la même réglette, on voit les produits ; 48 au-dessous de 4, 96 au dessous de 8 ; 564 compté au deuxième trait entre 56 et 57, au dessous de 47.

2° Les produits de 12 par 147 et 1347 ayant plus de trois chiffres ne correspondent plus à des nombres indiqués par des traits, mais à des nombres qu'on doit estimer à vue dans les intervalles entre les traits. Il peut y avoir dans l'estimation de l'incertitude sur le 4me ou le 5me chiffre et il peut en résulter une erreur d'une unité.

Le produit de 12 par 147 est 1764 dont le 4me chiffre 4 provient du produit des unités $2 \times 7 = 14$, mais par le calcul mental on est certain du chiffre 4 qu'on aurait estimé sur la règle à calcul à quatre dixièmes de l'intervalle entre 176 et 177 ou à quatre cinquième entre 176 et 1765. Le produit de 12 par 1347 a cinq chiffres soit 16164, il nécessite deux estimations à vue. Il faut d'abord déterminer 1347 à un point pris à deux cinquième de l'intervalle entre 1345 et 1350, puis estimer la correspondance de ce point dans l'intervalle entre 1615 et 1620 et prendre pour produit approché par défaut ou par excès soit 16160 soit 16170.

Un produit d'un nombre de deux chiffres par un nombre de trois chiffres ayant au plus cinq chiffres, on arrive a déterminer exactement les deux derniers chiffres au moyen de deux lectures.

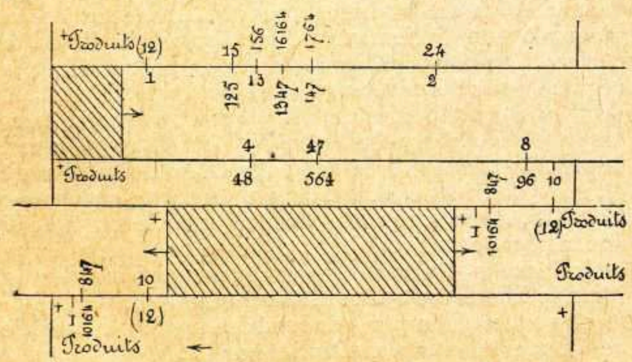
On lit avec certitude les trois premiers chiffres à gauche. On est aussi certain du cinquième chiffre à droite par le calcul mental. Il n'y a donc incertitude que sur le quatrième. Pour l'obtenir il suffit de chercher le produit des deux derniers chiffres d'un des facteurs par les deux derniers chiffres de l'autre facteur. Si l'un des facteurs n'en a que deux, il y a avantage à le faire désigner par l'indicateur parce qu'il faut faire la lecture de deux produits et éviter si cela se peut une deuxième manœuvre pour la recherche du produit partiel.

Soit 12 à multiplier par 1347. On a :

Première lecture	12 × 1347 =	16170
Deuxième lecture	12 × 47 =	564
Produit exact		16164

en ne conservant que les chiffres certains 161 et 64.

En ce cas il n'est pas nécessaire d'estimer le quatrième chiffre 7 de 16.170, il suffit d'avoir les trois premiers 16.100.



Lorsqu'un produit a six chiffres et un de ses facteurs un chiffre, on peut l'obtenir exactement par la même méthode.

Exemple : Soit 65.342 × 8 et 219.342 × 3.

Première lecture	65.340 × 8 =	522.000
Deuxième lecture	340 × 8 =	2.736
	Produit exact	522.736
Premiere lecture	219.300 × 3 =	658.000
Deuxième lecture	342 × 3 =	1.026
	Produit exact	658.026

Emploi de la reglette inférieure.

Exemple : Soit à trouver le produit de 12 par 847 égal à 10.164.

On a	12 × 847 =	10.100	(produit approché),
	12 × 47 =	64	provenant de 564.
	Produit exact	10.164	

La réglette supérieure dont l'indicateur 1 correspond a 12 ne donne pas ce produit par ce que le nombre 847 de cette réglette tombe sur la partie sortie. On obtient ce produit avec la réglette inférieure par deux manières : 1° en la faisant sortir à gauche et en amènant son indicateur 10 au-dessus du 12 de la règle ; 2° en tirant à droite pour amener le 12 de la réglette sous l'indicateur 10 de la règle. Dans ces deux positions le nombre 847 tombe aux deux tiers environ de l'intervalle entre 101 et 102. On prend donc 101 pour les trois premiers chiffres du produit et, pour derniers chiffres, 64 provenant du produit de 12 × 47. Avec la réglette tirée à gauche on lit 847 sur la règle et le produit 10.164 sur la rive supérieure de la réglette. Dans cette position les divisions de la réglette inférieure occupent dans la règle les divisions sorties de la réglette supérieure et l'on a la série de tous les nombres multipliés par 12.

La règle à deux réglettes à l'échelle 0.50 peut donc donner tous les produits exacts jusque 100.000, ce que l'on ne saurait obtenir avec les échelles 0.125 et 0.25 des autres règles à calcul.

Observation essentielle pour éviter les tâtonnements dans l'emploi des réglettes et des indicateurs.

Dans la plupart des opérations l'emploi d'une seule réglette suffit. L'habitude de l'instrument indique le plus souvent la réglette et l'indicateur à prendre. En général on est moins exposé à une fausse manœuvre en prenant la réglette qui sort le moins de la règle ; mais dès qu'on s'aperçoit que la réglette essayée fera sortir de la règle le nombre qui doit indiquer le résultat, il faut prendre l'autre réglette et un indicateur différent, soit l'indicateur 10 de la règle ou de la réglette si la première manœuvre a été faite avec un indicateur 1 de la réglette, ou inversement.

Lorsque les deux réglettes sont placées de manière que les divisions de l'une remplacent dans la règle les divisions sorties de l'autre, les réglettes sont dans la position dite *complémentaire*.

Lorsqu'une réglette est sortie à gauche, l'autre à droite, l'indicateur 1 d'une réglette indique le même nombre que l'indicateur 10 de l'autre et les produits se trouvent tous sur les réglettes ou tous sur la règle : de cette manière la lecture se fait plus sûrement lorsqu'on passe d'une réglette à l'autre.

Cependant il est souvent plus commode de tirer les deux réglettes à droite ce qui a lieu lorsqu'on n'a qu'une ou deux lectures à faire. Dans ce cas il faut lire sur une des réglettes les produits correspondant aux nombres de la règle et lire sur la règle les produits correspondants aux nombres de l'autre réglette.

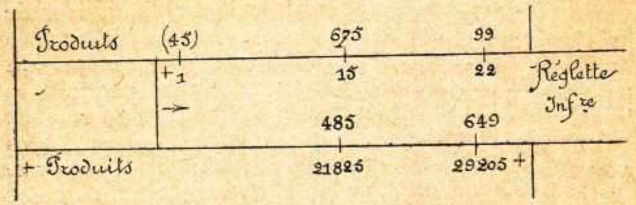
Lorsque les deux réglettes sont dans la position complémentaire on a la série de tous les nombres multipliés ou divisés par un nombre constant comme sur la règle à calcul ordinaire munie de deux échelles consécutives.

Soit 45 qui multiplie :

$45 \times 15 = 675$ $\quad$ $45 \times 485 = 21.825$
$45 \times 22 = 990$ $\quad$ $45 \times 649 = 29.205$

On amène l'indicateur 1 de la réglette inférieure

sous le 45 de la règle. Tous ces produits sont donnés exactement par la règle à calcul avec une seule lecture excepté 29.205 qui en exige deux.

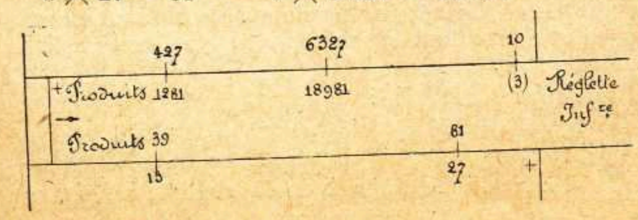


Dans le cas particulier ou les facteurs ont tous deux un 5 pour dernier chiffre, ce qui se présente souvent dans les calculs du commerce, on connait d'avance les deux derniers chiffres du produit qui ne peuvent être que 25 ou 75. On aura 25 lorsque les chiffres à gauche de chaque 5 sont tous deux pairs ou tous deux impairs comme 45 et 85 ou 15 et 95. On aura 75 lorsqu'un de ces chiffres sera pair et l'autre impair comme 45 et 15.

Pour le produit de 45 par 649 la règle indique 29.200. Le milieu de l'intervalle entre 648 et 650 ou l'on prend 649, ne dépasse le nombre 292 que de la largeur d'un trait. On pourrait donc prendre pour produit approché 29.210. Mais par une seconde lecture le produit de 45 par 49 donne 2.205, on prendra 05 comme les deux derniers chiffres à ajouter à 292 pour avoir le produit exact 29.205.

Soit le nombre 3 qui multiplie :

$3 \times 13 = 39$ $\quad$ $3 \times 427 = 1.281$
$3 \times 27 = 81$ $\quad$ $3 \times 6.327 = 18.981$



On s'aperçoit de suite que le nombre 3 pris sur la réglette inférieure se trouve vers l'extrémité de la demi échelle et que cette réglette ne sortira que très peu de la règle si l'on amène le 3 sous l'indicateur 10 de la règle.

Tous ces produits s'obtiennent exactement par une seule lecture excepté 18.981 qui en exige deux.

Soit le nombre 7.219 employé comme facteur constant pour multiplier des nombres quelconques, comme :

7.219 $\times$ 139	= produit exact	1.003.441	par la règle	1,003.000
— $\times$ 2	—	14.438	—	14.438
— $\times$ 97	—	700.243	—	700.200
— $\times$ 1.005	—	7.255.095	—	7.255 000
— $\times$ 44	—	317.636	—	317.600

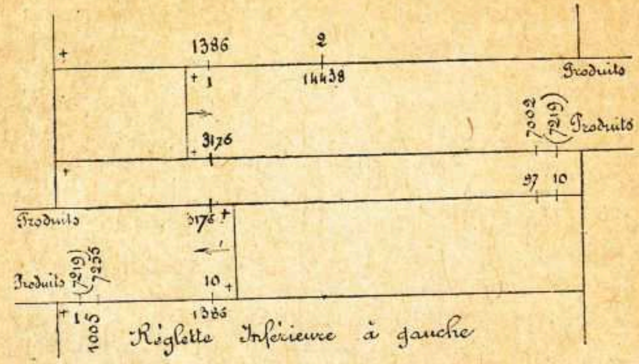
Les deux réglettes étant mises dans leur position complémentaire on aura tous les produits par 7.219 indiqués par l'indicateur 10 de la règle sur la réglette supérieure et par l'indicateur 1 de la règle sur la réglette inférieure. On estime le nombre 7.219 à la division 722 moins la largeur d'un trait.

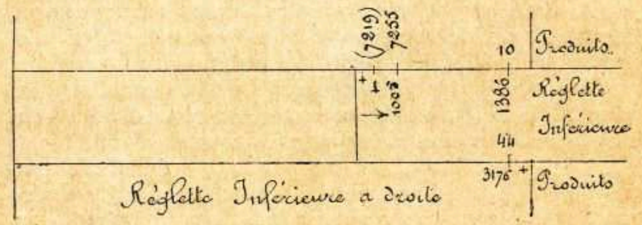
Le nombre 139 correspond sur la réglette supérieure au trois cinquième de l'intervalle entre l'indicateur 1 et le premier petit trait qui a pour valeur 1.005 ou aux trois dizièmes entre l'indicateur et le grand trait qui a pour valeur 101 ou 1.010.

Au-dessous du 2 on lit sur la réglette sépérieure le produit approché 14.440 qu'on rétablit exactement à 14.438 par une seconde lecture.

Au-dessus du 97 de la règle on a sur la rive inférieure de la réglette supérieure le produit approché 700.200. Le trait 97 dépasse le trait 7 de la largeur d'un trait que, dans cette région, on estimera 2. Comme il y a incertitude sur le chiffre 2, il importe peu de connaître les deux derniers chiffres du produit exact 700.243.

Sur la réglette inférieure le produit de 7.219 par 1.005 correspond aux trois quarts de l'intervalle entre 724 et 726 qu'on estime 7.255.000.





Lorsque deux indicateurs 1 et 10 désignent le même nombre, les deux indicateurs de l'autre partie indiquent aussi un même nombre. Ainsi deux indicateurs 1 et 10 correspondent à 7.219, les deux autres à 1.386. Ces deux nombres sont dits *réciproques*, leur produit est égal à l'unité. On dit aussi que l'un est l'*inverse* de l'autre. L'inverse d'une quantité est le quotient qu'on obtient en divisant l'unité par cette quantité.

Exemple · $\frac{1}{7.219} = 0.1386$ et $\frac{1}{0.1386} = 7.219$ d'où $7.219 \times 0.1386 = 1$. Le nombre 0.1386 est l'inverse de 7.219 et réciproquement.

On a par suite $2 \times 7.219 = 14.438$

et $\dfrac{2}{0.1386} = 14.438$

Les résultats de la multiplication et de la division sont les mêmes, ce qui permet de remplacer un nombre multiplicateur par un nombre diviseur. Ce changement est avantageux pour certaines opérations, comme on le verra aux applications.

Observations sur la valeur des nombres

La régle a calcul ne donne que la partie significative du résultat d'une opération c'est-à-dire l'ensemble des chiffres qui la composent, abstraction faite de la virgule qui sépare les entiers des décimales, ou des zéros qui précédent ou qui suivent les chiffres significatifs. On rétablit la valeur des chiffres du résultat suivant les règles données par l'arithmétique.

Quand deux facteurs dans une multiplication ont plus de quatre ou cinq chiffres, on ne considère que ceux que l'on peut estimer entre les divisions de la règle à calcul en forçant d'une unité le dernier chiffre estimé s'il est plus grand que 5. Cette augmentation ne devra pas être faite en général dans les deux facteurs à la fois. On ajoute à la droite du produit autant de zéros qu'il en faut pour compléter le nombre de chiffres du véritable produit. Ainsi la règle indiquerait 1.007 pour premiers chiffres du produit de 72.192×139.521. Ce produit devant avoir onze chiffres on prendra 10.070.000.000 pour son produit approché.

Nombre de chiffres d'un produit

Le nombre de chiffres du produit de deux facteurs est égal à la somme ou à la somme moins un du nombre de chiffre des facteurs.

Le produit a un nombre de chiffres égal à la somme des chiffres des deux facteurs si le premier chiffre à

gauche du produit est moins fort que le premier chiffre des facteurs, ou que le chiffre suivant en cas d'égalité. Le produit de 72.192 et de 139.521 a onze chiffres, le premier chiffre du produit 1.007 qui est 1 suivi d'un zéro est inférieur à celui des facteurs qui est 7 et 1 suivi d'un 3. Le produit a un chiffre de moins que cette somme si le premier chiffre du produit est supérieur aux premiers chiffres des facteurs comme dans $17 \times 4 = 68$.

Il y a une autre manière de connaitre le nombre des chiffres d'un produit.

La règle Péraux porte, aux extrémités de certaines échelles, un petit signe représenté par un point (.) ou une croix (+) qui indique d'avance le nombre de chiffres d'un produit ou d'un quotient. Ce signe ne ne doit être pris que sur les parties engagées.

Le produit contient autant de chiffres qu'il y en a dans les deux facteurs si le produit se rencontre sur une rive dont la partie engagée est marquée du signe + et le produit a un chiffre de moins si la rive ne porte pas le signe +.

Exemple : Le produit de 7.219 par 2 contient autant de chiffres qu'il y en a dans les deux facteurs parce que le produit 14.438 se rencontre sur une rive marquée du signe +.

Dans la multiplication de 7.219 par 1.005 le produit 7.255.095 a un chiffre de moins parce qu'il se trouve sur une rive non marquée du signe.

Lorsque un des facteurrs doit être estimé à vue, il y a avantage à le faire désigner par un des indicateurs.

On doit autant que possible employer l'indicateur qui fait le moins sortir la réglette.

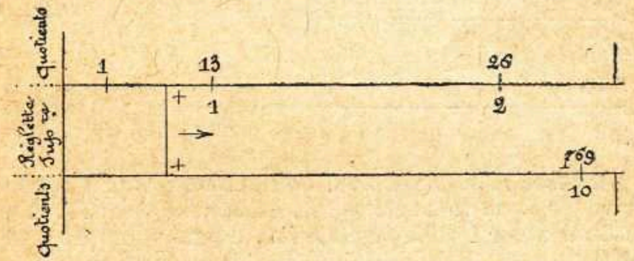
Si on ne peut trouver le produit parce qu'il correspond à la partie sortie de la réglette, on emploi l'autre réglette avec un indicateur différent soit 10 si on a essayé avec l'indicateur 1 et réciproquement.

DIVISION

Il y a deux maniéres d'opérer la division.

Première manière. — On fait coïncider le dividende avec le diviseur, l'indicateur pris sur la même partie que le diviseur correspond au quotient.

Soit 26 a diviser par 2. Les nombres 2 et 26 ne peuvent se rencontrer que sur la rive supérieure de la réglette supérieure. On amène le diviseur 2 au-dessous du dividente 26 pris sur la règle ; l'indicateur 1 de la réglette désigne 13 pour quotient.



Dans cette opération la position de la réglette est la même que si l'on avait eu 13 à multiplier par 2. Suivant le cas de division ou de multiplication il n'y a qu'une différence de lecture.

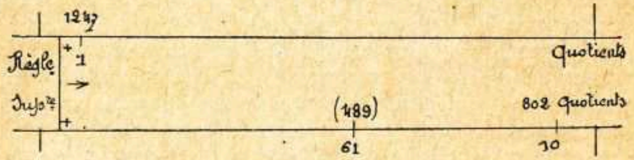
13 est quotient ou multiplicande.
2 est diviseur ou multiplicateur.
26 est dividende ou produit.

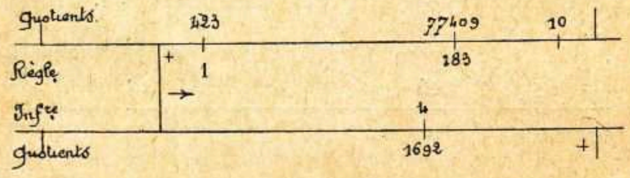
La position de la réglette supérieure est encore la même si le dividende est pris comme diviseur. Soit 2 à diviser par 26. En ce cas l'indicateur 10 de la règle, pris sur la même partie que le diviseur, désigne sur la réglette le nombre 769, donc le quotient est 0.0769. Le quotient de 200 divisé par 26 serait 100 fois plus grand soit 7.69.

Soit 489 à diviser par 61. On fait coïncider 489 pris sur la rive inférieure de la réglette sup. avec 61

pris sur la régle dont l'indicateur 10 désigne 802 pour quotient. On compte donc 8.02.

Inversement l'indicateur 1 de la réglette correspond à 1.247 qui serait le quotient de 610 divisé par 489.



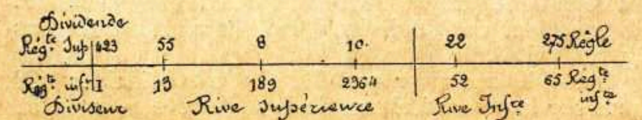


Diviser 77.409 par 183. Le nombre 183 pris sur la rive sup. de la réglette inf. est amené sous 77.410. L'indicateur 1 de la réglette inf. donne pour quotient 423.

La position de la réglette inf. étant la même, on voit le nombre 4 pris sur la rive inf. de la réglette correspondre au nombre 1.692 de la règle. Si 4 est le diviseur de 1.692 l'indicateur 1 désignera encore 423 pour quotient de cette division.

Ce nombre 423 est aussi, comme partie significative le quotient exact ou approché de tous les autres nombres qui se correspondent ; les dividendes étant pris sur la règle et les diviseurs sur la réglette.

Comme :



Remarque sur les expressions de formes fractionnaires

Dans cet exemple les dividendes de la règle sont tous placés au-dessus de la ligne et les diviseurs de la réglette tous au-dessous. Ils sont posés sous la forme de fraction comme dans l'expression écrite et non comme sur la règle à calcul où une partie des diviseurs apparaissent au-dessus des dividendes : $\frac{\text{diviseur}}{\text{dividende}} \; \frac{52 \quad 65}{22 \quad 275}$. Cette remarque est très importante et devra s'appliquer à tous les exemples donnés sous la forme fractionnaire comme en arithmétique.

Tous les nombres qu'on doit lire sur les réglettes seront disposés sur une même ligne et séparés par un trait horizontal des nombres à lire sur la règle, sans tenir compte de leur position sur l'instrument. Cette notation simplifiée sera souvent appliquée dans les diverses opérations.

Avec cette première manière d'opérer la division il n'y aura pas, comme dans la multiplication, d'hésitation sur la réglette qui doit être employée, parce que l'on sait d'avance sur quelles rives aura lieu la rencontre du dividende et du diviseur.

Avec la réglette supérieure on verra correspondre sur la rive sup. les nombres entre 1 et 316, sur la rive inf. les nombres entre 316 et 10 ; sur les deux rives de la réglette infér. les nombres entre 1 et 316 correspondent aux nombres compris entre 31.6 et 10.

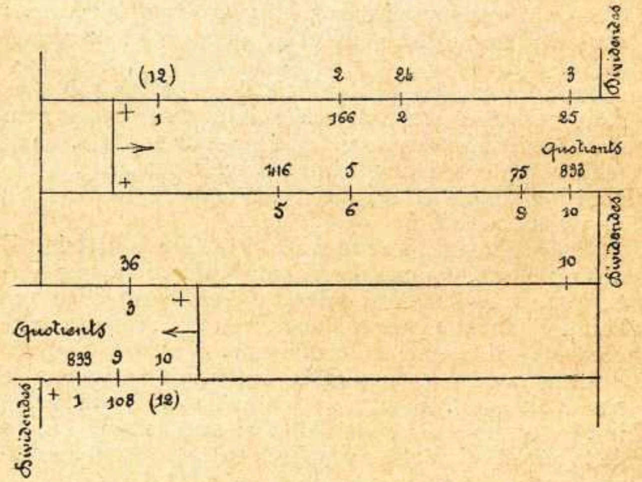
Cette manière permet aussi de trouver une série de nombres dont la division donne un quotient constant.

Division. — Deuxième manière

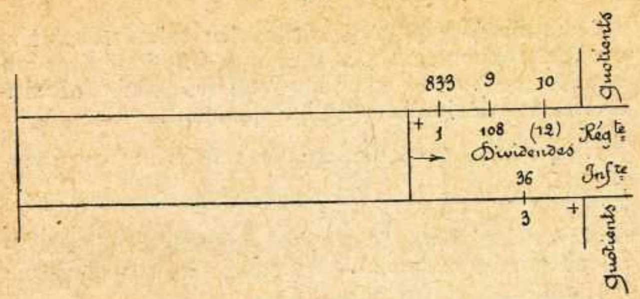
Lorsqu'on a plusieurs nombres à diviser par une même quantité, la lecture simultanée des quotients se fait en plaçant les indicateurs sous le diviseur commun.

EXEMPLE : *Diviser une série de nombre par le diviseur constant 12*

On amène l'indicateur 1 de la réglette sup. sous le 12 de la règle et l'ind. 10 de la réglette inf. au-dessus du 12 de la règle, de manière que les deux réglettes prennent leur position complémentaire. Toutes les divisions de la règle étant en contact avec celles des réglettes on aura le quotient de tout nombre divisé par 12 sur les réglettes. Le diviseur constant et les dividendes se trouvent sur la règle.



On pourrait aussi rendre la réglette inf. complémentaire en la tirant à droite, comme cela a déjà été indiqué pour la multiplication, en amenant le 12 de la réglette inf. sous l'ind. 10 de la règle. Alors les termes correspondants ne seraient plus sur la même partie, mais inversement disposés, ce qui demande plus d'attention dans la lecture. La première position avec les réglettes sorties à gauche et à droite est préférable et expose moins à l'erreur.



FRACTIONS

Si l'on met sous la forme de fractions la série des nombres avec 12 pour diviseur constant, en considérant les dividendes comme numérateurs et les quotients comme dénominateurs, on obtiendra une série de fractions ordinaires équivalentes, les réglettes étant dans la position complémentaire comme dans l'exemple précédent.

Divid. numér.	(12)	24	36	43	50	72	84	96	108	(120)
dénom. quotient	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Conversion de fractions ordinaires en fractions décimales

Les réglettes étant dans la même position, si ce sont les dividendes que l'on prend dans l'ordre numérique, on a la série :

divid. numér.	(12)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	(12)
dénom. quoti.	1,	0.166,	0.25,	0.333,	0.416,	0.5,	0.583,	0.666,	0.75,	0.833,	0.916,	10

Les quotients deviennent, avec des chiffres soit exacts soit approchés, la fraction décimale équivalente à la fraction ordinaire dont 12 est le dénominateur constant. Ainsi on obtient $0.166 = \frac{2}{12}$, $0.25 = \frac{3}{12}$, $0.583 = \frac{7}{12}$.

Cette manière d'opérer abrège les calculs dans lesquels se rencontrent des nombres fractionnaires ou complexes et sert à convertir une fraction ordinaire en fraction décimale et réciproquement.

Exemple . *Soit à trouver le prix d'une marchandise à 5 fr. 25 la douzaine pour 4 douzaines et* $\frac{5}{12}$. La règle à calcul donne le résultat par une simple multiplication en ajoutant à 4 douz. la fraction décimale 0.416 en remplacement de $\frac{5}{12}$. Le produit de $4^d \frac{5}{12}$ remplacé par celui de $4^d,416 \times 5^f,25 = 23.20$; le calcul exact donnerait $23^f,187$.

Dans certains cas, au contraire, il y a avantage à remplacer par une fraction ordinaire la fraction décimale employée comme multiplicateur ou diviseur constant.

Ainsi, au lieu d'employer pour le calcul de la circonférence et du diamètre le nombre π 3,14159... que l'on ne peut estimer exactement sur la règle à calcul il est préférable de prendre la fraction équivalente $\frac{355}{113}$ dont les deux termes sont indiqués exactement par les traits de deux divisions.

Diamètre	π 3,14159	355		10
Circonf.	1	113	$\frac{1}{\pi}$	3,1831

L'indicateur 1 de la réglette inf. marque exactement π 3,14159 et l'indic. 10 correspond à son inverse $\frac{1}{\pi}$ 31.831.

Nombre de chiffres du quotient

De même que pour la multiplication il y a deux manières de connaître le nombre de chiffres d'un quotient :

1° Au moyen du nombre de chiffres du divivende et du diviseur ;
2° Au moyen du signe + gravé sur les échelles.

1° Le nombre de chiffres d'un quotient est égal à la différence, ou à la différence plus un entre le nombre des chiffres du dividende et du diviseur.
Il est égal à la différence simple si le premier chiffre du dividende est plus petit que le premier chiffre du diviseur ou que les chiffres qui les suivent en cas d'égalité.

Exemple le quotient de $\frac{108}{9} = 12$ a pour nombre de chiffres $3 - 1 = 2$ chiffres On a de même $\frac{120}{15} = 8$. Nombre de chiffres $3 - 2 = 1$.

Le nombre de chiffres du quotient est égal à la différence plus un si le premier chiffre du dividende est plus grand que le premier chiffre du diviseur ou que les chiffres qui les suivent en cas d'égalité.

Ex.: $\frac{24}{2} = 12$. Le quotient a $2 - 1 + 1 = 2$ chiffres.
$\frac{900}{75} = 12$. a $3 - 2 + 1 = 2$ chiffres.

2° Par le signe + des échelles —. Le quotient a un nombre de chiffres égal à la différence simple si la rive du dividende est marquée du signe + et à la différence plus un si la rive ne porte pas le signe +.
Dans l'exemple ou 12 est diviseur, tous les dividendes sont pris sur la règle et l'on ne voit le signe + que pour les dividendes entre 1 et 12. C'est le cas de la différence simple. La rive du divid. 108 porte le +, le quotient de $\frac{+\,108}{9} = 12$ avec $3 - 1 = 2$ chiffres. Cette rive seule donne lieu à la différence simple pour les dividendes compris entre 10 et 12. Tous les autres dividendes sont situés sur des rives

de la règle ne portant pas le signe à leur partie en contact avec les réglettes On a la différence plus un.

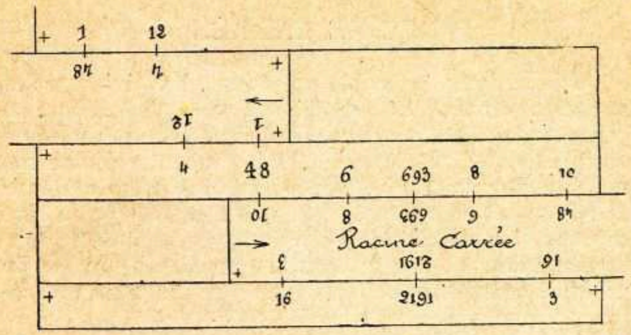
Exemple : $\frac{24}{12} = 2 \quad \frac{900}{12} = 75 \quad \frac{324}{27} = 12$

Opérations au moyen des réglettes renversées

Dans certains cas, il est commode pour la facilité des opérations de renverser les réglettes. Pour opérer de cette manière on les sort complètement de leur coulisse et on les fait rentrer de manière que les indic. 1 se trouvent à droite et les indic. 10 à gauche, ce qui fait que les chiffres apparaissent renversés.
Cette position des réglettes est surtout avantageuse lorsqu'on a un dividende constant à diviser par des diviseurs variables, pour trouver une série de nombres qui donnent un produit constant, la moyenne géométrique et la racine carrée, pour diviser un nombre à élever au carré par un autre nombre.

Exemple : *Diviser le nombre constant 48 par une série de diviseurs.*

En tirant à droite la réglette inf. renversée on amène son indicateur 10 au-dessous de 48 pris sur la règle, ou le 48 de la réglette au-dessous du 10 de la règle. On donne à la réglette sup. la position complémentaire en mettant son ind. 1 au-dessus du 48 de la règle, ou le nombre 48 de la réglette au-dessous de l'ind. 1 de la règle. Le nombre 48 correspond à tous les indicateurs.
Dans cette position, deux nombres quelconques qui se correspondent sont l'un diviseur, l'autre quotient du dividende constant 48 dans quelque sens qu'on les lise ; les mêmes nombres se correspondent deux fois sur la même réglette, mais dans un sens différend.
Comme conséquence de ce qui précède, le nombre 48 est aussi le produit constant de deux nombres quelconques qui se correspondent.



Sur la réglette sup. on voit 4 et 12 se correspondre une fois sur la rive sup. $\frac{12}{4}$ et une fois sur la rive inf. $\frac{12}{4}$. Les mêmes nombres ne se rencontrent pas sur une même rive.

Avec la réglette inf. les mêmes nombres se rencontrent sur la même rive. Sur la rive sup. on lit deux fois 8 et 6. $\frac{6}{8}$ $\frac{8}{9}$; sur la rive inf. 3 et 16 $\frac{3}{16}$ $\frac{16}{3}$.

RACINE CARRÉE

Comme, dans l'exemple précédent, les divisions des réglettes renversées se dirigent vers la gauche, et celles de la règle vers la droite, il arrive qu'un nombre pris sur la réglette inf. doit rencontrer le même nombre sur la règle, parce que les mêmes demi-échelles sont en contact, celles de 1 à 316 sur la rive inf. et celles de 316 à 10 sur la rive sup. Cette rencontre a lieu à égale intervalle entre deux couples de nombre de mêmes chiffres ou entre les deux indicateurs.

Ainsi sur la rive sup. où les deux indicateurs 10 correspondent à 48 on voit la rencontre du même nombre 693 $\frac{693}{693}$ sur la rive sup. entre les indicateurs 10, et du nombre 2.161 sur la rive inf. $\frac{2.161}{2.191}$ entre 3 et 16. Ces nombres 693 et 2.161 sont tous deux situés sur une ligne qui serait perpendiculaire aux rives.

Puisque 48 représente, comme chiffres significatifs, le produit de tous les nombres qui se correspondent, ce produit sera le carré dont les nombres égaux 693 et 2.161 sont les racines et on aura $6.93 \times 6.93 = 48$ et $2.191 \times 2.193 = 4.8$. On a de même 693 pour racine de 480.000 et 21.91 pour racine de 480.

D'où la règle suivante pour trouver la racine carrée avec les réglettes renversées.

Faire indiquer le nombre carré par l'ind. 1 de la réglette inf. ou par l'ind. 10 de la règle, lire la racine à la rencontre de deux nombres égaux. Sur la rive sup. on lit la racine d'un carré, qui partagé en tranches de deux chiffres comme en arithmétique, a un nombre de chiffres pair, et on lit la racine sur la rive inf. si le nombre des chiffres de la tranche est impair. On fait sortir la réglette à droite pour les nombres carrés entre 316 et 10; à gauche pour ceux entre 1 et 316.

MOYENNE PROPORTIONNELLE

Les nombres égaux qui se rencontrent sont aussi les moyennes proportionnelles des autres nombres en coïncidence. Ainsi 6.93 est moyenne entre 6 et 8 et 21.91 entre 3 et 160.

Pour obtenir la moyenne proportionnelle entre deux nombres dont l'un est plus petit et l'autre plus grand que 316, comme 4 et 12 qui ont pour moyens 6.93, on fait correspondre ces deux nombres avec la réglette sup. renversée, puis on rend complémentaire la réglette infér.

Remarque : Lorsque les indicateurs de la réglette supérieure renversée correspondent aux indicateurs de la règle tout nombre coïncide avec son nombre réciproque ou inverse, dans un sens ou dans l'autre.

PROPORTIONS

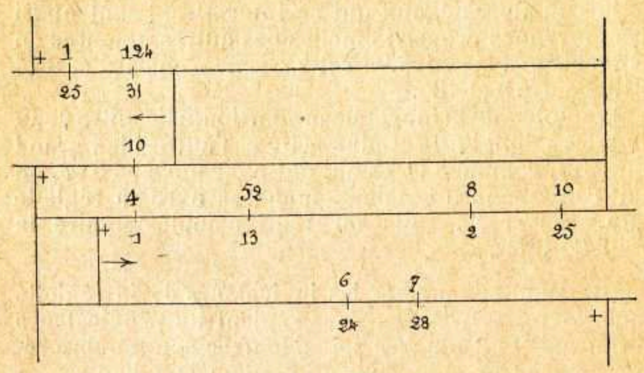
La règle à calcul possède une propriété fondamentale. Quelque soit la position d'une réglette, deux nombres quelconques qui coïncident forment une proportion avec deux nombres également en coïncidence.

On appelle *rapport* de deux nombres le quotient de la division de ces deux nombres.

Lorsque deux nombres ont le même rapport que deux autres nombres, ils forment entre eux une proportion. Ainsi le rapport de 7 à 28 est $\frac{1}{4}$ c'est-à-dire que 7 est le quart de 28. Le rapport de 13 à 52 est aussi $\frac{1}{4}$ parce que 13 est contenu 4 fois dans 52.

On peut donc former d'après cette égalité de rapport

les proportions $\frac{1}{4} = \frac{7}{28}$, $\frac{1}{4} = \frac{52}{13}$, $\frac{7}{28} = \frac{13}{52}$ qui se trouvent ainsi disposés sur la règle à calcul.



La multiplication et la division sur la règle à calcul ne sont qu'un cas particulier d'une proportion dont l'un des termes est l'unité représenté par un des indicateurs. Ainsi la proportion $\frac{4}{1} = \frac{52}{13}$ devient soit l'opération par laquelle on multiplie 13 par 4 pour trouver le produit 52, soit celle où l'on divise 52 par 13 pour avoir le quotient 4. On peut donc poser $\frac{4 \times 13}{1}$ = produit 52 et $\frac{57}{13} \times 1 = 4$. Le nombre 4, en coïncidence avec l'ind. 1 ou l'unité, est le rapport de $\frac{13}{52}$, de $\frac{7}{28}$ comme il l'est de tous les nombres qui coïncident sur les rives correspondantes des réglettes et de la règle, on trouve ainsi $\frac{2}{8} = \frac{6}{24} = \frac{2{,}5}{10}$. Le nombre 2,5 correspondant à l'indic. 10 devient le rapport des proportions renversées $\frac{4}{1} = \frac{52}{13} = \frac{28}{7}$.

Si l'on multiplie un nombre quelconque coïncidant avec l'ind. 1 par un nombre coïncidant avec l'ind. 10, leur produit sera égal à l'unité ou à 1 précédé ou suivi de zéros. L'un de ces nombre est appelé le réciproque ou l'inverse de l'autre. Ainsi $4 \times 25 = 100$.

D'où il résulte que tous les termes qui se correspondent ont pour multiplicateur ou pour diviseur un des nombres correspondant à un des indicateurs.

Si dans une proportion, après avoir fait correspondre deux termes, on ne trouve pas la coïncidence des deux autres termes sur la même réglette, on rend complémentaire l'autre réglette en faisant coïncider un de ses indicateurs 1 ou 10 avec le nombre correspondant à un des indicateurs de la première réglette, de manière que l'ind. 1 de l'une, marque le même nombre que l'ind. 10 de l'autre.

Dans la proportion $\frac{7}{28} = \frac{31}{124}$ si l'on fait coïncider 7 et 28 sur la réglette inf. en tirant à droite, on fait sortir à gauche la réglette sup. et on amène soit l'ind. 10 au-dessus du 4 de la règle, soit le nombre 25 au-dessous de l'ind. 1 de la règle.

Pour trouver le terme inconnu d'une proportion on fait coïncider les deux termes de la fraction connue; le terme inconnu coïncide avec l'autre terme sur la même partie que le terme qui lui correspond dans la fraction connue. C'est par la proportion qu'on résoudra les opérations appelées *règle de trois*.

Nombre de chiffres du terme inconnu d'une proportion

Dans une proportion le nombre de chiffres du terme inconnu désigné par la lettre x peut être déterminé par le signe + des échelles.

Sur quatre termes il y a toujours deux termes affectés du signe +.

On doit observer trois cas déterminés par la différence entre la somme des chiffres des deux termes à multiplier et le nombre de chiffres du diviseur.

Le résultat sera égal à la différence simple, où à la différence moins un chiffre, où à la différence plus un.

A la différence simple si les mêmes termes pris sur la règle ou sur les réglettes sont tous deux sur une rive marquée ou non marquée du signe +.

Exemple : Soit la proportion

$$\text{Réglette inf. } \frac{7}{+\ 28} = \frac{31}{124\ +} \text{ Réglette sup.}$$

Si 124 est le terme inconnu, on a l'expression

$$\frac{31 \times 28}{7} = 124$$

Les deux termes à multiplier, 31 et 28, contiennent quatre chiffres si l'on retranche le terme diviseur 7 qui n'a qu'un chiffre, il reste trois chiffres pour le terme inconnu 124.

Si le terme 28 est l'inconnu on déduit les deux chiffres de 31 de la somme des deux autres 7 et 124. On a $4 - 2 = 2$ chiffres pour 28, et sur la règle

$$\frac{7}{+\ 28} = \frac{31}{124\ +}$$

Dans les deux autres cas, deux mêmes termes pris sur la règle ou sur les réglettes n'ont pas le même signe.

L'inconnu a un chiffre de moins que la différence s'il se trouve sur une rive sans signe + et un chiffre de plus si la rive est marquée du signe +.

Exemple : Soit la proportion

$$\text{Réglette inf. } \frac{7}{+\ 28} \quad \frac{13}{52} + \text{ Réglette inf.}$$

Si 52 est l'inconnu on a $4 - 1 = 3 - 1 = 2$ chiffres.
Si 13 — — $3 - 2 = 1 + 1 = 2$ chiffres.
Si 7 — — $4 - 2 = 2 - 1 = 1$ chiffre.

ECHELLE DES CARRÉS

Le revers de la réglette supérieure porte sur chacune de ses rives la même échelle entière de 1 à 10 moins grande de moitié que l'échelle de la face principale. On la nomme échelle des carrés parce qu'elle sert à effectuer les calculs dans lesquel entrent les carrés, les cubes et leurs racines.

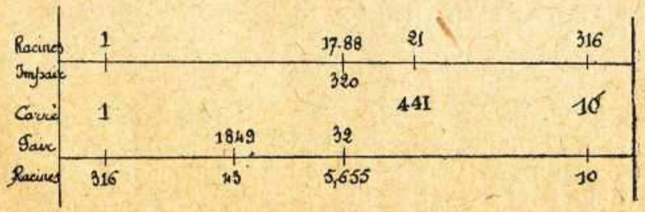
CARRÉS ET RACINES CARRÉES

Pour obtenir les carrés ou les racines carrées, on retourne la réglette supérieure et on l'engage dans la face principale en faisant coïncider les indicateurs de l'échelle des carrés avec ceux de la règle fixe. On prend les carrés sur la réglette et les racines correspondantes sur la règle.

Sur la rive supérieure se trouvent les carrés dont le nombre de chiffres est impair ; sur la rive inférieure les carrés dont le nombre de chiffre est pair.

Le nombre de chiffres d'un carré est égal au double moins un ou au double de celui de la racine. Le carré contient autant de tranches de deux chiffres que le nombre a de chiffres ; la dernière tranche à gauche peu n'en contenir qu'un.

Exemple : Le carré de 21 correspond sur la rive sup. à 441 dont le nombre de chiffres impair est $4 - 1 = 3$. Sur la rive inférieure on trouve au-dessus de 43 son carré 1849 dont le nombre de chiffres pair est égal au double de ceux de la racine.



Si un nombre décimal à élever au carré n'a pas de partie entière, la première tranche significative à droite de la virgule occupe dans le carré le même rang que le premier chiffre significatif dans le nombre de la racine.

Exemple :

$$\underset{1\,2}{0,21^2} = \underbrace{0,04}_{1}\,\underbrace{41}_{2} \quad \text{et} \quad \underset{1\,2\,3\,4}{0,0043^2} = \underbrace{0,00}_{1}\,\underbrace{00}_{2}\,\underbrace{18}_{3}\underbrace{49}_{4}$$

RACINE CARRÉE

Pour trouver le nombre de chiffres de la racine, on partage à partir de la droite le nombre carré en tranches de deux chiffres, suivant la règle donnée en arithmétique, la dernière tranche à gauche peut n'avoir qu'un chiffre.

La racine contient autant de chiffres que le nombre contient de tranches. Si la dernière tranche à gauche n'a qu'un chiffre le carré est lu sur la partie supérieure de la réglette, s'il en a deux sur la rive inférieure.

Lorsque le nombre donné ne contient pas de partie entière, on compte les tranches à droite et à partir de la virgule, le premier chiffre significatif de la racine, à droite de la virgule, occupe le rang de la première tranche significative dans le nombre carré.

Exemple : Quelle est la racine carrée de 320 et celle de 32. On prend sur la rive sup. des carrés le nombre de chiffres impairs 320 qui correspond à la racine 17.88 et sur la rive inf. le nombre de chiffres pairs 32 qui a pour racine 5.655.

On aurait aussi $\sqrt{0,000320} = 0,01788$ et $\sqrt{0.032} = 0,005655$.

L'échelle des carrés est surtout avantageuse quand on a à calculer une série de valeurs dont l'expresion contient un facteur constant et des carrés ou des racines.

Sur la réglette on a les produits des nombres de la règle élevés au carré par un nombre constant désigné par l'indicateur de la règle.

Sur la règle on a les racines carrées des quotients des nombres pris sur la réglette et divisés par un constant.

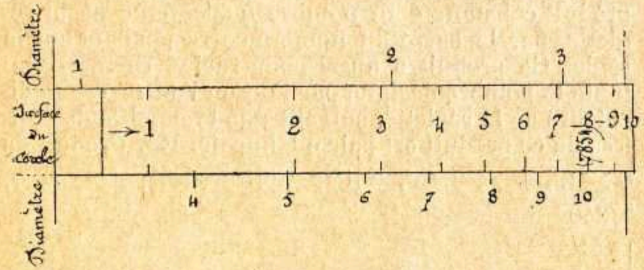
Exemple : On veut obtenir deux séries de valeurs exprimant les diamètres et les surfaces de cercle correspondantes.

On trouvera ces deux valeurs par les deux formules suivantes qui se déduisent l'une de l'autre .

Surface = diamètre carré $\times$ 0.7864 nombre constant

$$\text{Diamètre} = \sqrt{\frac{\text{surface}}{0{,}7854}}$$

En faisant marquer par l'indicateur 10 de la règle le nombre 0.7854 sur l'échelle des carrés, on aura la plus grande partie de ces valeurs. Pour trouver ensuite celles qui tombent en dehors de la règle on ramène, en tirant la réglette à gauche, le nombre constant 0.7854 au dessous de l'indicateur 1 de la règle.

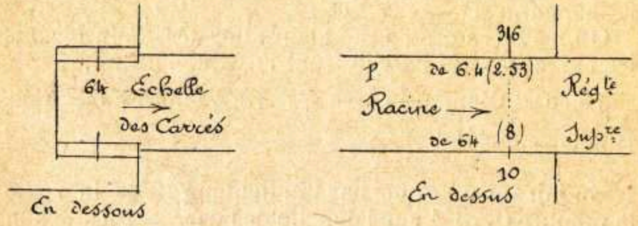


On peut trouver la racine carrée d'un nombre sans retourner l'échelle des carrés. Le revers de la règle porte à une de ses extrémités deux entailles dont l'une correspond à l'échelle des carrés.

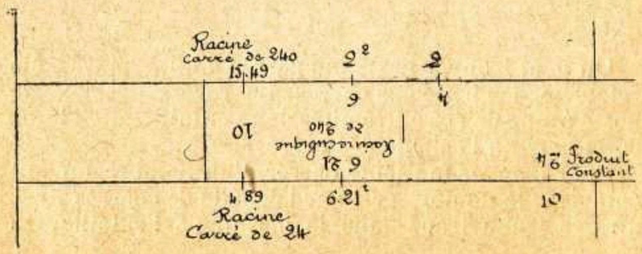
Pour trouver la racine carrée d'un nombre on fait coïncider le nombre pris sur l'échelle des carrés avec un des traits tracé dans le biseau de l'entaille. On

trouve sur la face principale de la réglette sup. la racine désignée par l'indicateur 10 si le nombre de chiffres du carré est pair, et, par le grand trait 3.162 de la règle s'il est impair.

Exemple : quelle est la racine carrée de 64 et celle de 6.4. On amène le nombre 64 au trait de l'entaille et on voit sur la face principale



Lorsque l'échelle des carrés est renversée, l'instru ment permet de simplifier certaines opérations dans lesquels entrent des carrés, des cubes et des racines. Dans cette position l'indicateur de la règle donne le produit constant d'un nombre quelconque de la réglette par le carré du nombre correspondant sur la règle. Ce produit a aussi pour racine carrée constante le nombre désigné par l'un ou l'autre des indicateurs de la réglette, suivant que le nombre de chiffres de ce produit est pair ou impair. Ex. Produit de 6×2^2, 4×2.45^2, $621^2 \times 621 = 621^3$; $\sqrt{24}$, $\sqrt{240}$, $\sqrt[3]{240}$



CUBE ET RACINE CUBIQUE

Pour élever un nombre au cube ou trouver la racine cubique, on se sert de l'échelle des carrés.

Le cube d'un nombre contient trois fois plus de chiffres que ce nombre, ou trois fois plus moins un ou trois fois plus moins deux. Il y a donc dans le cube autant de tranches de trois chiffres que la racine contient de chiffres, mais la dernière tranche à gauche peut contenir un, deux ou trois chiffres, suivant que le nombre donné est désigné par l'indic. dans le premier, le deuxième ou le troisième tiers de l'échelle des carrés.

Si le nombre donné est décimal, la première tranche significative du cube, à droite de la virgule, occupe le rang du premier chiffre significatif dans le nombre de la racine.

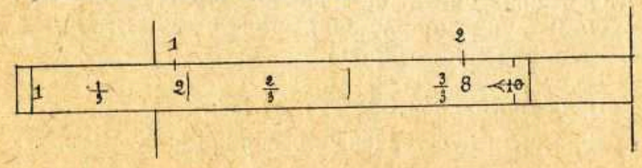
Pour déterminer sans tâtonnement le nombre de chiffres du cube ou de la racine cubique il est donc indispensable que l'échelle des carrés soit partagée en trois parties égales par deux points ou deux traits qui correspondent aux racines cubiques de 10 = 2.154.. et de 100 = 4,641..

FORMATION DES CUBES

Pour élever un nombre au cube il y a deux méthodes :

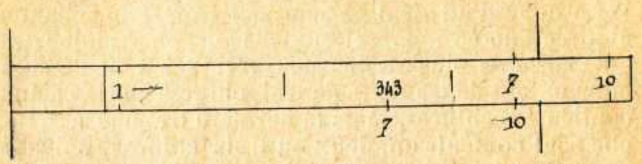
1° On fait indiquer le nombre pris sur la réglette par un des indicateurs de la règle, on lit le cube sur la réglette en regard du même nombre pris sur la règle.

Exemple : soit le cube de 2.



Le nombre 2 désigné par l'indic. se rencontre dans le premier tiers de l'échelle, son cube 8 contient trois chiffres moins deux, soit un chiffre.

Soit le cube de 7



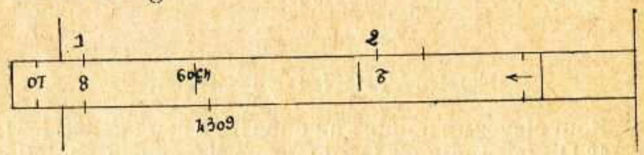
Le nombre 7 désigné par l'indic. est pris dans la troisième partie de l'échelle, son cube 343 contient trois chiffres.

Le nombre de chiffres d'un cube est donc

de $3-2=1$ chif. dans la prem. partie entre 0 et 2.154
de $3-1=2$ chif. deux. entre 2.154 et 4.641
de $3-0=3$ chif. trois. entre 4.641 et 0

Deuxième méthode. — On renverse la réglette et l'on fait coïncider le nombre pris sur la réglette avec le même nombre pris sur la règle

Le nombre élevé au cube est désigné par l'indicateur de la règle.



Exemple : Le cube de 2 = 8. Le nombre 2 pris dans le premier tiers aura un cube de 3 chiffres — 2 chiffres soit un chiffre à sa partie entière.

Le cube de 4,309 = 80 a 3 chiffres moins un chiffre soit deux chiffres à sa partie entière.

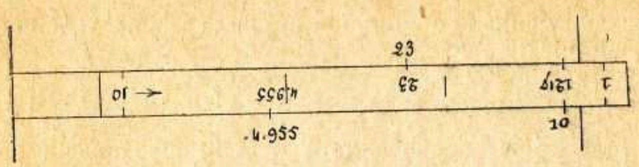
On trouverait de même le cube de 20 = 8.000.

Le cube de 0,2 = 0,008.

Le cube de 43.09 = 80.000.

Le cube de 0,043.09 = 0,000.080.

Exemple : trouver les cubes de 2,3 et de 4.9552.



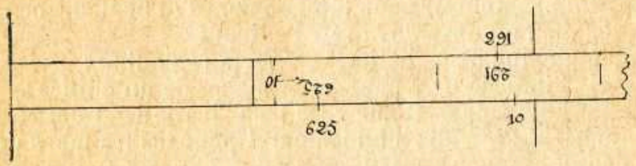
Le cube 2,3 = 12,17. Le nombre 2,3 se trouve dans le deuxième tiers, son cube aura donc deux chiffres à sa partie entière.

Le cube de 4.9552 = 121.7 se trouve dans le troisième tiers et aura trois chiffres.

Exemple : trouver les cubes de 625 et de 29.1.

Le nombre 625 se trouve dans le troisième tiers, son cube aura neuf chiffres, soit 244,100,000.

Le nombre 29.1 se trouve dans le deuxième tiers son cube aura cinq chiffres soit 24.410.



RACINE CUBIQUE

Pour extraire la racine cubique on opère avec la réglette retournée, d'après la deuxième méthode, en suivant la marche inverse. On partage, suivant les indications données en arithmétique, le nombre cube en tranches de trois chiffres à partir de la droite ; la dernière tranche à gauche peut avoir un ou deux ou trois chiffres. Le nombre de chiffres obtenus à la racine cubique est égal au nombre de ces tranches.

Si le nombre donné est décimal et n'a pas de partie entière, on compte les tranches à droite et à partir de la virgule ; le premier chiffre significatif de la racine

occupe dans le nombre le rang de la première tranche significative du cube.

Exemple : le cube $0.\underbrace{000}_{1}.\underbrace{080}_{2}$ a pour racine $0.\overset{}{\underset{1}{0}}\underset{2}{4}309$

la deuxième tranche significative du cube à partir de la gauche est ,080, elle occupe le deuxième rang à partir de la virgule ; donc le premier chiffre significatif de la racine 4 occupe le deuxième rang dans le nombre à partir de la virgule.

La racine se trouve à la rencontre du même nombre indiqué par la règle et la réglette renversée.

En se reportant aux exemples précédents donnés pour l'élévation au cube, on voit que si le cube à extraire a

un chiffre on prend sa racine dans le 1er tiers
deux chiffres dans le 2e tiers
trois chiffres dans le 3e tiers

Pour employer sans tâtonnement l'indicateur convenable, on observe la règle suivante.

On emploie les indicateurs de la règle fixe :

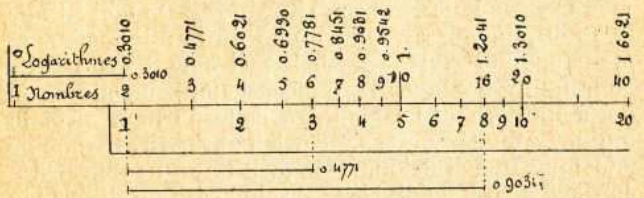
1° l'indicateur 1 pour les tranches de un chiffre ;

2° l'indicateur 10 pour les tranches de deux chiffres inférieurs à 3.16 ; l'indicateur 1 pour les tranches de deux chiffres supérieurs à 3.16.

3° l'indicateur 10 pour les tranches de trois chiffres.

Théorie de la Règle à calcul

La théorie de la Règle à calcul ou Règle logarithmique repose sur celle des logarithmes. Dans une table de logarithmes, les nombres croissent par unité simple suivant l'ordre de la numération, tandis que les logarithmes qui leur correspondent forment une série de nombres ayant entre eux une différence qui va en décroissant, de telle sorte que la différence entre les logarithmes de à 999 et de 1000 est dix fois plus petite que celle entre les logarithmes de 100 et de 101. Sur la Règle à calcul les intervalles entre les divisions suivent la même loi de décroissance que ces différences. On a représenté par des longueurs les valeurs numériques des logarithmes et on a porté, sur les divisions représentant ces longueurs, le nombre correspondant à ce logarithme et non le logarithme lui-même.



Si l'on se répresente une Règle à calcul ordinaire longue deux mètres et portant sur ses rives deux échelles consécutives de un mètre, les divisions principales correspondent aux longueurs des logarithmes comptées à partir de zéro sur chaque échelle. En ajoutant la longueur 0.4771 du logarithme de 3 prise sur la règle à la longueur totale de 0,3010 du logarithme de 2 on obtient uue longueur totale de 0.3010 + 0.4771 =0.7781. La longueur 0.7781 correspond au nombre 6 qui est le produit de 2 multiplié par 3 et qui coïncide avec 3.

Soit à multiplier 2 par 8. La somme des longueurs correspondant à ces nombres étant 0.3010 pour 2 et 0.9031 pour 8 est égale à 1,2041 et dépasse de 0.2041 la première échelle qui a un mètre de longueur, on voit le 8 de la réglette correspondre sur la règle au produit 16 dont le logarithme a pour partie décimale 0.2041 et tombe à la longueur 1.2041 dans la seconde échelle où se trouvent les nombres compris entre 10 et 100, et dans laquelle les décimales sont les mêmes que celles de la première échelle.

Comme le produit des dix premiers nombres est compris entre 0 et 100, on a donné à la Règle à calcul ordinaire deux échelles identiques et consécutives qui sur la Règle à deux réglettes se trouvent partagées en

quatre tronçons et combinées de manière que les résultats sont obtenus d'après les mêmes principes.

On voit par cet exemple que l'on opère avec la règle à calcul de la même manière qu'avec une table de logarithmes,

L'arithmétique apprend que pour faire une multiplication par logarithmes, il faut ajouter le logarithme du multiplicante au logarithme du multiplicateur et que la somme trouvée est le logarithme du produit. Pour multiplier avec la règle à calcul, on ajoute la longueur d'un des facteurs à celle de l'autre, et la longueur totale correspont à leur produit. De même pour faire une division par logarithmes, il faut retrancher le logarithme diviseur du logarithme dividende et la différence est le logarithme du quotient. Avec la Règle à calcul on prend pour quotient le nombre correspondant à l'excédant de la longueur du dividende sur celle du diviseur.

Ainsi pour diviser 6 par 3, on amène la longueur 3 à celle de la longueur 6 et la longueur de la différence correspond à 2, quotient cherché.

Echelles des divisions égales, Logarithmes

La réglette inférieure porte sur son revers une échelle divisée en 100 parties égales. Les divisions de 0 à 500 se trouvent sur la rive inférieure, celles de 500 à 1000 sur la rive supérieure. La longueur de cette échelle est proportionnelle à celle des nombres de la Règle.

Lorsqu'on engage cette échelle dans la coulisse en faisant correspondre son origine 0 avec l'ind. 1 de la Règle ou son extrêmité 1000 avec le 10 de la Règle, les divisions égales de la réglette expriment en millièmes la partie décimale du logarithme du nombre correspondant à la Règle.

Comme il est possible d'estimer à vue les cinquièmes des divisions égales on pourra lire les logarithmes des nombres avec une approximation de 2 dix-millièmes.

Dans cette position le revers de la réglette devient une véritable table de logarithmes à quatre décimales ou le quatrième chiffre du logarithme est exprimé de 2 en 2 unités. La seule différence consiste en ce que sur la table graphique la progression par unité est appliquée aux logarithmes, tandis que sur une table numérique les nombres procèdent par une unité. Mais les résultats sont les mêmes.

Elle peut servir aux mêmes usages d'après les mêmes principes pour résoudre très rapidement toutes les questions qui se rattachent aux puissances, aux racines, aux intérêts, etc.

Exemple. Soit à trouver le logarithme du nombre 1.334. On prend ce nombre sur la Règle et on trouve sur la réglette 0.125 pour partie décimale du logarithme.

Soit à trouver le nombre correspondant au logarithme 0.250. Ce logarithme pris sur la réglette correspond au nombre 1.778 de la Règle.

Or 250 est égal à 125 plus 125. D'après ce qui est démontré en arithmétique, si l'on ajoute un logarithme à lui-même, la somme correspond au produit du nombre dont le logarithme est double. On aura donc 1.778 pour le carré de 1.334. En multipliant par 3 le logarithme 125 on obtient le logarithme 375 qui correspond au nombre 2.371 produit de 1.778 par 1.334. Donc le nombre 2.371 est le cube du nombre 1.334 élevé à sa troisième puissance. On obtiendrait aussi les puissances successives de 1.334 en prenant les nombres correspondants à la longueur 125 multipliée par l'exposant de sa puissance.

Pour l'opération inverse trouver la racine cubique de 2.371, on prend le logarithme de ce cube 375 qui divisé par 3 a pour quotient 125 logarithme correspondant à la racine cubique 1.334. Pour trouver la racine carrée de 1.778 on prend la moitié de son logarithme 250 qui est 125 logarithme correspondant à la racine carrée 1.334.

On peut encore se servir de l'échelle des logarithmes

lorsque la réglette n'est pas retournée. Comme pour l'échelle des carré, la règle porte au verso une entaille dont les bords forment deux biseaux portant chacun un trait. Ces traits indiquent deux logarithmes lorsqu'on retourne la Règle. Le trait qui apparait en bas correspond au nombre désigné par l'indicateur 10 de la règle ; celui qui apparait en haut correspond sur la régle au grand trait qui suit 316 et limite une demi-échelle comprenant 500 divisions égales, parce que le logarithme de 5 est 3.1622... ou racine carrée de 10.

Si l'on veut le logarithme de 2, on amène le 2 de la réglette au-dessous de l'ind. 10 le trait de l'entaille indique pour logarithme 301 au verso de la même rive L'autre trait indique le logarithme 801 qui appartient au nombre 6.325 désigné par le trait 316 de la Règle.

Le nombre dont on cherche le logarithme est désigné par l'indicateur 10 s'il est compris entre 1 et 3.16 et par le trait 316 entre 3.16 et 10. On revient du logarithme au nombre par l'opération inverse. Il y a toujours 500 logarithmes de différence entre les deux logarithmes lus dans l'entaille.

Table graphique des valeurs naturelles des Sinus et des Tangentes

Le revers de la Règle fixe est entièrement occupé par une table graphique des valeurs naturelles des Sinus et des tangentes.

Cette table se compose de trois bandes principales. L'échelle qui occupe le milieu des bandes est divisée en 1000 parties égales réparties sur trois bandes. Elle donne la valeur des sinus placés au-dessus et celles des tangentes au-dessous.

Comme on peut estimer à vue les cinquièmes de l'unité des plus petites divisions, on obtient la valeur des sinus et des tangentes à 0,0002 près.

Les angles sont indiqués :

Pour les sinus entre	0° et 60°	de 5 en 5 minutes
	60° et 75°	de 10 en 10
	75° et 85°	de 20 en 20
	80° et 90°	de degré en degré.

Pour les tangentes entre	0° et 30°	de 5 en 5 minutes
	30° et 45°	de 2 en 2 minutes

La lecture des divisions s'y fait comme sur la Règle à calcul en estimant à vue les valeurs entre les intervalles des traits et en tenant compte des divisions sexagésimales.

On peut remplacer cette table par une table graphique en grades ou degrés décimaux qui a été faite de même dimension et disposée de la même manière.

La Règle de 0.51 porte aussi une table sexagésimale d'une échelle double.

Exemple. Quelles sont les valeurs du sinus et de la tagente pour 30° 40'. Sur la bande du milieu à la rive supérieure on trouve sinus 31° 40'. qui correspond à 0.5250, valeur exacte 5249766 ; à la rive inférieure de de la même bande on trouve tangente 31° 40' correspondant à 0.6168, valeur exacte 6168092.

APPLICATIONS

Observations préliminaires

Les exemples d'applications qui vont suivre ont surtout pour but de montrer les services que rend l'emploi de la Règle à calcul dans le commerce, l'industrie, dans le mesurage des surfaces et des volumes, le cubage, le jaugeage et pesage, etc. et les simplications à apporter aux opérations.

La Règle à calcul peut remplacer dans bien des cas les tables numériques où l'on n'a pas besoin de plus

de quatre chiffres et les tables de comptes faits genre Barrême. La plupart de ces tables où les nombres sont disposés en colonnes, sont calculées avec un multiplicateur ou avec un diviseur constant, comme celle qui ont rapport à la circonférence, au cercle, au cubage des bois etc. Il suffit donc de préparer le facteur constant ou cœfficient qui sert à calculer chaque colonne.

Ces facteurs constants peuvent être insérés dans le tiroir sous les réglettes pour être consultés suivant le besoin.

Il y a des cas où le facteur constant varie suivant un certain rapport. Pour réduire dans le plus petit espace les valeurs variables de ces facteurs constants on les dispose sur de petites tables graphiques comme celles qui se trouvent sur la planche de l'instruction pour le calcul du segment et le jaugeage des tonneaux.

Dans le cacul ordinaire on donne la préférence au facteur constant qui est multiplicateur; dans l'emploi de la Règle à calcul le diviseur constant est souvent preférable parce qu'il simplifie l'opération. Or on a vu qu'on peut convertir un facteur multiplicateur en un facteur diviseur et réciproquement en prenant l'inverse de ce nombre en valeur exacte ou approchée.

Ainsi dans une opération où l'on doit multiplier successivement trois nombres dont l'un est facteur constant, on remplace les deux multiplications par une proportion.

Exemple. Soit le nombre constant 4 à multiplier par 58 et par 37, le produit est 8584.

On remplace 4 par son inverse 25 et au lieu de $4 \times 58 \times 37 = 8584$ on prend $\frac{58 \times 37}{25} = 8584$, ce qui s'obtient par une seule position sur la règle à calcul. On pose sur sur la Règle la proportion

$$\frac{58}{25} \quad \frac{x = 8584}{37} \quad \text{ou} \quad \frac{37}{25} \quad \frac{x = 8584}{58}$$

EXEMPLES D'APPLICATION

Percentages

Prix d'une marchandise réduit à 40 pour cent.

nc le nombre constant sera $100 - 40 = 60$.

Prix réduit	nc (6)	6.60	3.42	48.60
Prix à réduire	1	11	5.70	81

Prix d'une marchandise achetée à la douzaine et revendue à la pièce avec 35 0/0 de bénéfiée. Ce que l'on a acheté à 12 fr. la douzaine revient à 1 fr. la pièce.

On revend $1 + 0.35$ ou 1,35 ce qui coûte 1 fr.

Prix de vente	nc (1.35)	2.25	0.63	10
Prix d'achat	nc (12)	20	5.60	89

On prend le rapport constant $\frac{1.35}{12}$

Comparaison de valeur

Trouver les prix équivalents de la même marchandise achetée d'une part avec un rabais de 6 0/0 et d'autre part de 18 0/0,

$100 - 6 = \overline{94}$
$100 - 18 = \overline{82}$ rapport

Prix à 18 0/0	1.146	20	7	8.20	(94) nc	10
Prix à 6 0/0	1	17.44	6.10	7.15	(82) nc	8.72

Si l'on déduit 18 0/0 des prix les plus élevés et 6 0/0 des prix correspondants on retrouve les mêmes

prix nets. Ainsi le prix de 10 fr. moins 18 0/0 est net 8.20

Le prix correspondant a 8.72 moins 6 0/0 est égal à 8.72 moins 0.52 et net 8.20.

Ces deux prix sont donc équivalents comme tous ceux qui se correspondent.

On aurait fait une fausse opération si de 100 on avait retranché la différence des deux rabais soit $18 - 6 = 12$ et prix le rapport.

$$\frac{100}{100-12} = \frac{100}{88} \text{ au lieu de } \frac{100}{87.2}$$

La même qualité de drap est vendue à 8 fr. le mètre en 1.40 de large et à 7.50 en 128 de large. Quelle est la largeur la plus avantageuse proportionnellement.

rapport	(1 40) largeur	8	8.20
	(1.28) largeur	7.32	7,50

C'est le drap en 1.28 à 7 fr. 50, puisque en 1.40 il vaudrait 8 fr. 20, et que le prix du drap à 8 fr. en 1.28 ne serait que de 7 fr. 32.

Régle de trois inverse

Combien faut-il employer de toile en 0.80 de large pour doubler un tapis de 2m60 sur 3m80. L'opération aritmétique serait $\frac{2.60 \times 3.80}{8} = 12.35$

Largeur 80	Longueur 3.80	ou	Largeur 2.60	Largeur 80
2.60 Largeur	$x = 12.35$ Longueur		$x = 12.35$ Longueur	3 80 Longueur

Calcul des Intérêts

Il est d'usage en banque et dans le commerce de compter les intérêts par années ou par jours et non par mois.

Dans le calcul par jours, il y a quatre quantités : le capital, le taux, le nombre de jours et l'intérêt.

On peut obtenir une de ces quantités par une simple proportion dans laquelle le taux est remplacé par un nombre constant préparé d'avance et appelé en banque *nombre diviseur*. On l'obtient en divisant 360 ou 365 jours par le taux. Ainsi le *nombre diviseur* pour l'intérêt à 5 0/0 est $\frac{365}{5} = 73$ jours. C'est-à-dire que 73 est exactement le nombre de jours pendant lequel l'intérêt d'un capital placé à 5 0/0 est égal à 1 0/0 ou au centième du capital ; il serait de 2 0/0 pendant le double de jours, soit 146 jours. Si l'on prend l'année commerciale de 360 jours, ce nombre sera $\frac{360}{5} = 72$, ce qui est moins exact.

Pour le calcul avec la Règle, on fait la proportion

1° $\dfrac{\text{Intérêt}}{\text{Nombre de jours}} \quad \dfrac{\text{Centième du capital}}{\text{Nombre diviseur n.d. ou } \frac{360}{\text{taux}}}$

ou 2° $\dfrac{\text{Nombre diviseur}}{\text{Nombre de jours}} \quad \dfrac{\text{Centième du capital}}{\text{Intérêt}}$

Exemple : Une somme de 6,380 francs est placée à 4.25 0/0.

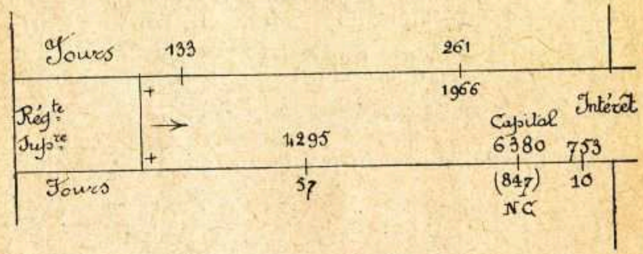
On demande l'intérêt pour 57 jours = 42.95
— — pour 261 — = 196.60
— — pour 1 — = 0.753

Le nombre de jours pour produire 100 francs d'intérêt = 133 jours.

Le nombre de jours pour avoir 1 0/0 d'intérêt par 1,000 francs = 8 jours $\frac{47}{100}$ ou 8.47.

On obtient tous ces résultats par la Réglette supérieure. On prend le nombre diviseur $\frac{360}{4.25} = 84$ j. 7. On amène le capital 6380, dont le centième est 63.80, au-dessus du nombre diviseur 84.7. On prend les nombres de jours sur la Règle et les intérêts sur la réglette.

Si l'on ne trouvait pas les valeurs cherchées sur la réglette supérieure, on mettrait la réglette inférieure dans la position complémentaire et réciproquement.



Par cette manière, qui est la plus commode, on obtient pour un capital constant les intérêts variables d'après les jours.

Par la seconde manière, le nombre de jours étant fixe, on trouve les intérêts d'un capital variable.

Il y a encore une autre manière qui demande deux opérations. On calcule d'abord l'intérêt au taux invariable de 3.60 0/0 en multipliant le millième du capital par le nombre de jours. Puis on ramène cet intérêt au taux désigné en faisant la proportion après avoir trouvé 0.6380×57 jours $= 36.35$.

$\dfrac{3.60}{36.35} \quad \dfrac{\text{taux } 4.25}{42.95}$

Pour 6380 francs à 4.25 pendant 57 jours, on retrouve 42.95 comme dans l'exemple précédent.

APPLICATIONS A LA GÉOMÉTRIE

Surfaces, Volumes, Poids

Pour abréger les formules, les lettres suivantes représenteront :

r Le rayon d'un cercle ou d'une sphère ;
d Le diamètre égal à $2\,r$;
π ou *pi*. Le rapport de la circonférence au diamètre dont la valeur approchée est 3.1415926... ;
c La circonférence ;
l La longueur ou le côté d'un cylindre ;
h La hauteur ;
v Le volume d'un corps ;
p Le poids spécifique d'un corps ou la densité.

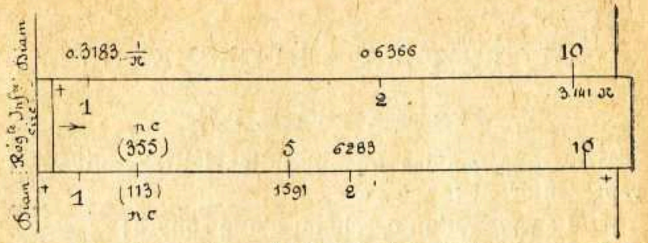
Circonférence, Diamètre et Rayon

La circonférence d'un cercle est égale :

Au diamètre multiplié par π 3.1416 ou divisé par l'inverse $\frac{1}{\pi}$ 0.31831 ;

Au rayon multiplié par $2\,\pi$ ou 6.28318, ou divisé par $\frac{2\,\pi}{1}$ 0.15915.

Quand on emploie la Règle à l'échelle 0.50, il est plus commode et plus exact de prendre pour valeur de π le rapport $\frac{355}{113}$ pour le diamètre et $\frac{355 \times 2}{113} = \frac{710}{113}$ pour le rayon. Ces deux rapports sont exprimés par les traits des divisions de la Règle. Lorsqu'on fait correspondre sur la réglette inf. les nombres 355 et 113, les indicateurs désignent exactement les nombres π et $\frac{1}{\pi}$.



Dans cette position de la Réglette inférieure, on a tous les nombres de la réglette correspondant avec ceux de la Règle, les diamètres sur la Règle et les circonférences sur la réglette. On voit le diamètre 2 correspondant à la circonférence 6.283 et la circonférence 2 au diamètre 0.6366.

Surface du Cercle

La surface du cercle est égale :

Au carré du rayon multiplié par $\pi = 3.1416$ ou divisé par l'inverse $\frac{1}{\pi} = 0{,}3.1831$;

Au carré du diamètre multiplié par $\frac{1}{4}\,\pi = 0.7854$ ou divisé par l'inverse $\frac{4}{\pi} = 1.273$.

Exemple : Quelle est la surface du cercle dont le diamètre est 4.80 ?

1° Par le multiplicateur $\frac{1}{4}\,\pi$ on a $4.8 \times 4.8 = 23.04$, et $23.04 \times 0.7854 = 18.1$.

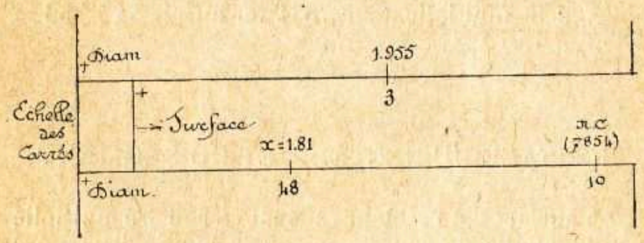
2° Avec le diviseur $\frac{4}{\pi}$ une seule proportion donne le résultat. On pose

$$\frac{48}{\frac{4}{\pi}\,(1273)} \qquad \frac{x = 18.1}{48}$$

Cette deuxième manière nécessite parfois l'emploi des deux réglettes. Le diamètre 48 est considéré comme moyenne proportionnelle entre $\frac{4}{\pi}$ et la surface.

3° On peut aussi calculer la surface du cercle avec l'échelle des carrés que l'on engage dans la face principale.

On amène le nombre 0.7854 de l'échelle des carrés au-dessus de l'indicateur 10 de la Règle. On prend sur la Règle le diamètre 48 qui correspond à la surface 18.1 sur la réglette.



Quel est le diamètre du cercle qui a pour surface 3^{m}? Au-dessus du 3 pris sur la réglette on lit pour diamètre 1,955.

L'emploi de l'échelle des carrés est avantageuse lorsqu'on doit calculer une série de surfaces ou de diamètres. Pour trouver les valeurs, qui dans cette position ne se rencontrent pas sur la réglette, on reporte le nombre constant 7854 au dessous de l'indicateur de la règle en faisant sortir la réglette à gauche.

SURFACE DE L'ELLIPSE

Exemple : Quelle est la surface de l'ellipse dont le grand axe a $6^{m}40$ et le petit axe $3^{m}60$?

On emploit le diviseur 1.273. L'opération revient à

$$\frac{64 \times 36}{1273} = 18.1$$

$$\frac{\text{petit axe } 3.60}{(1.273)} \qquad \frac{x = 1.81}{\text{g}^{\text{d}} \text{ axe } 64}$$

Dans cet exemple la surface de l'ellipse est la même que celle du cercle qui a 4.80 de diamètre puisque 36×64 et $48 \times 48 = 2304$. On a donc remplacé le carré du diam. par le produit du grand axe multiplié par le petit axe en faisant correspondre l'un des axes avec le nombre diviseur 1.273.

Avec le multiplicateur 7854 on aurait $64 \times 36 \times 7854 = 1.81$.

SURFACE DU SECTEUR ET DU SEGMENT

La surface d'un secteur est égale à son arc multiplié par la moitié de son rayon, ou la moitié de son arc par le rayon.

Exemple : Quelle est la longeur de l'arc et la surface d'un secteur dont le rayon $r = 3$ et la corde $c = 4.60$.

Pour trouver la longueur de l'arc on cherche la valeur en degrés de l'angle correspondant à la demi-corde proportionnelle au sinus rayon 1. On a :

$$\frac{4.60}{2 \times 3} \text{ ou } \frac{460 \times 0.5}{3} = \text{sinus } 0.767.$$

Sur la règle on pose la proportion

$$\frac{3}{4.60} \qquad \frac{0.5}{x = 0.767 \text{ sinus}}$$

Le sinus 0.767 correspond, sur la table graphique du verso de la règle, à l'angle de 50°,05 ' pour la demi corde. On convertit les minutes en décimales $50 + \frac{5}{60} = 50{,}0833$. La longueur de l'arc sera égale à $50{,}0833 \times 3 \times {,}01745$ valeur de l'arc de un degré ou à $\frac{50{,}0833 \times 3}{57{,}3} = 2{,}622$ longueur de l'arc.

Sur la règle on fait la proportion

$$\frac{\left(\frac{nc}{573}\right)}{500833 \text{ degrés}} \qquad \frac{3 \text{ rayon}}{2{,}622 \text{ demi longueur de l'arc}}$$

La surface du secteur sera égale à

$$2{,}622 \times 3 = 7865$$

Segment. — Quelle est la surface d'un segment dont on connaît la corde $c = 5{,}40$ et la flèche $= 1{,}70$.

Après avoir trouvé le quotient de la flèche divisée par la corde $\frac{1{,}70}{5{,}40} = 0{,}315$, on cherche sur la petite table graphique contenue dans la planche le nombre 0,315 dans les parties égales désignées $\frac{\textit{flèche}}{\textit{corde}}$. Ce nombre correspond au coefficient 0,717 par lequel on multiplie le produit de la flèche par la corde. Surface du segment est égale à $5.40 \times 1.70 \times 0717 = 6.582$.

Segment. Soit donné la surface d'un segment égal à $13^{m}27$ et le rayon égal à 4^{m}.

On veut connaître le sinus de la moitié de l'angle du segment pour trouver tous les autres éléments du segment. Le résultat, que le calcul ordinaire ne donne qu'après de longs et pénibles tâtonnements, est obtenu d'emblée au moyen de la petite table graphique désignée $\sqrt{\frac{\text{segm.}}{\text{sinus}}}$. Sur cette table on lit à la ligne supérieure la racine carrée de la surface du segment, le rayon étant l'unité ; sur la ligne inférieure la valeur du sinus correspondant à cette surface.

Pour opérer on prend la racine carrés de 13.27 que l'on trouve égale à 3.642, puis on fait la proportion $\frac{3.642}{\text{rayon } 4} \qquad \frac{x = 911}{\text{rayon } 1}$. Le nombre 911 est la racine carrée d'un segment semblable de rayon $= 1$. On cherche sur la table graphique à la ligne $\sqrt{\text{segm.}}$ le nombre 911 qui correspond à 922 sinus cherché. Sur la table des sinus du verso de la règle, on trouve au sinus 922 l'angle correspondant à 67°40' qui est l'angle du demi-arc du segment donné.

CYLINDRE

Le volume du cylindre est égal à la surface qui lui sert de base multipliée par sa hauteur. Les formules pour le calculer sont dans le cas où cette surface est un cercle.

$$\pi\, r^2 \text{ ou } \frac{1}{\frac{4}{7354}}\, \pi\, d^2 h \text{ ou } \frac{c^2 h}{\frac{4\pi}{12{,}57}} \text{ ou } \frac{d^2 h}{\frac{\frac{4}{\pi}}{1{,}273}}$$

CUBAGE DES BOIS

Pour calculer le volume d'un arbre abattu en grume ou non écorcé, on admet qu'on le mesure comme un cylindre qui aurait pour surface la section moyenne calculée d'après le diamètre, mais plus souvent d'après la circonférence, au milieu de l'arbre.

Exemple : Quel est le volume d'un arbre en grume dont la longueur est 12^{m} et la circonférence 1^{m}40. On porte la proportion

12 longueur	$x = 1.87$ volume
(12,57) 4 π	$1{,}96 = 1{,}4^2$ circ.

Si, au lieu de la circonférence, on avait pris le diamètre moyen = 0.4455, on aurait $0.4455^2 = 1.985$ et ensuite la proportion

12 longueur	$x = 1.87$ volume
(1.273) $\frac{4}{\pi}$	$1.985 = d^2$

On peut aussi se servir de l'échelle des carrés, ce qui simplifie l'opération et dispense d'élever au carré le diamètre ou la circonférence. En ce cas on remplace les diviseurs par leurs racines carrés. On trouve par le diam. $\sqrt{1.273} = 1{,}128$, par la circonf. $\sqrt{12.57} = 11{,}21$.

Par la circonférence on pose

	(11.21) div.	14 circ.
échelle des carrés	12 longueur	$x = 1.87$ volume

Par le diamètre

	(1128) div.	
échelle des carrés	12 longueur	$x = 187$ volume
		0.4455 diam.

Il y a différentes méthodes employées pour le cubage des bois, suivant qu'on estime le volume en grume, abattu, sur pied ou équarri. Il y a un diviseur pour chaque méthode, qui est :

Mesuré au milieu.	pour $C^2 \times l$.	par l'échelle des carrés pour $C \times l$.
Abattu en grume,	1.257	11.21
Equarri au 1/4, sans déduction,	16	4
— au 1/5, déduit,	25	5
— au 1/6, —	23	4.8
— au 1/9, —	20.25	4.5

Circonférence en pouces. Longueur en pieds.

Volume en solives de 1.028 décistère $C^2 \times l$.

En grume, longueur en pieds,		543
Au 1/5,	— —	108
Au 1/5,	— en pouces,	1.296
Au 1/6,		995

Mesuré à 1.30 du sol, en mètres.

Par le diamètre $\frac{d^2\, l}{2}$

Par la circonférence,	pour $C^2 \times l$.	échelles des carrés pour $C \times l$.
Au 1/5,	318	564
Au 1/6,	284	533
Au 1/10,	198	445

Quel est le volume d'un tronc d'arbre au 1/5 déduit, ayant pour longueur 5^{m} 20 et pour circonférence 1^{m} 38, ou pour longueur 16 pieds ou 192 pouces et pour circonférence 51 pouces, le pied valant en décimètres, 3.2434, et le pouce, en centimètres, 2.707, la solive, en décistère, 1.0283 ?

	longueur 5^{m} 20	volume en décist. 3.96
a 1/5	25 diviseur	$1.38^2 = 1.904$ C^2

	longueur 16 pieds	ou	longueur 192 pouces		volume en solives 3.85
a 1/5	+		+		+
	108 diviseur		1.296 diviseur	$51^2 =$	2.601 C^2

Ces deux volumes sont équivalents parce que 3 solives 85 centièmes valent, en décistères, 3.96.

1.0283 décistère	3.96
+	+
1 solive	3.85

CONE

Le volume du cône à base circulaire, se calcule suivant les formules

$$\frac{1}{3}\ \pi r^2 h \quad \text{ou} \quad \frac{1}{12}\ \pi d^2 h \text{ ou } \quad \frac{1}{12\,\pi}\ c^2 h$$

multiplicat. 1.047   0.2618   0.02652

$$\text{ou} \quad \frac{r^2 h}{\frac{3}{\pi}} \qquad \frac{d^2 h}{\frac{12}{\pi}} \qquad \frac{c^2 h}{12\,\pi}$$

diviseurs 0.955   3.82   37.7

Quel est le volume d'un cône dont la circonférence = 7.65 et la hauteur = 3.35 ?

En divisant par $12\,\pi = 37.7$ le produit de la hauteur par le carré de la circonférence $= 7.65^2 = 58.5$, on pose la proportion

3.35 long.	$x = 5.20$ volume
+	+
(37.7) $12\,\pi$	58.5 c^2

SPHÈRE

La surface de la sphère a pour formules

$$4\,\pi r^2 \text{ ou } \pi d^2 \text{ ou } \frac{c^2}{\pi}$$

Quelle est la surface de la sphère qui a pour diam. 0.76. On a $d^2 \times 3.1416$ ou $\frac{d^2.}{0.3183}$ Le carré de 76 est 5.776.

On pose sur la règle la proportion

(355)	$x = 1.815$ surface
+	+
(113)	5.776 d^2

ou si l'on n'élève pas 76 au carré

$x = 1.815$	76
+	+
16	(0.318) $\frac{1}{\pi}$

Le volume de la sphère est égal à sa surface multipliée par le $\frac{1}{6}$ du diamètre. On aura

1.815 surface	6
+	+
$x = 0.230$ volume	76 diam.

Si l'on ne connaît que le rayon, le diamètre ou la circonférence, on applique une des formules avec diviseur

$$\frac{r^3 h}{\frac{3}{4}\pi} \qquad \frac{d^3}{\frac{6}{\pi}} \qquad \frac{c^3}{6\,\pi^2}$$

0.2387   1.91   59.2

En prenant le diamètre on trouve $76^3 = \frac{438900}{1.91}$ $= 0.230$ déc. On évite une multiplication en prenant seulement le carré du diamètre 5776, ce qui donne la proportion

0.230 volume	5776 d^2
76 diam.	(1.91) divi.

On a ainsi remplacé $\frac{d^3}{1.91}$ par $\frac{d^2 \times d}{1.91}$ équivalent.

POIDS DES CORPS

On obtient le poids d'un corps en multipliant son volume par la *densité* de la substance de ce corps ou par son *poids spécifique* qui est le poids d'un mètre cube de cette substance.

Exemple : Le poids d'une sphère en marbre qui a pour volume, comme dans l'exemple précédent, 230 déc. cubes, pèse 0.230 multiplié par 2.830 kilog, poids spécifique du marbre.

On simplifie l'opération qui donne le poids des corps dont on connaît le volume ou qui donne le volume d'après le poids, en préparant d'avance le multiplicateur ou le diviseur spécial à chaque volume pour une même substance. On divise le nombre diviseur du volume par le poids spécifique. Pour le fer forgé, le poids spécifique est 7.788 kil.

Pour obtenir les diviseurs du poids du fer, on dispose la règle ainsi en prenant 7.788 pour diviseur :

	4π	$\frac{4}{\pi}$	$\frac{6}{\pi}$	$6\pi^2$	$\frac{d}{d.\,s.}$	
1	12.57	1.273	1.91	59.22	(7788)	
01.284					1	
diviseurs du fer	1.614	0.1635	0.2452	7.604		
cube	$c^2\,h$	$d^2\,h$	d^3	c^3		
ou prisme-droit	cylindre		sphère			

Exemple : Quel est le poids d'une barre de fer de la forme d'un prisme droit à base rectangle dont les dimensions sont : largeur 0.75, épaisseur 0.30, longueur 5 mètres. Le poids est donné par la formule

$$\frac{\textit{largeur} \times \textit{épaisseur} \times \textit{longueur} \times \textit{densité}}{0.1284}$$

On abrège le calcul en prenant d'abord $0.75 \times 0.30 = 0.225$ et en faisant la proportion

$0.75 \times 0.30 = 2.25$	$x = 87^k600$ poids
(0.1284) div.	5 longueur

Quel est le poids d'une barre de fer carrée de 0,015 de côté sur 4^m50 de longueur.

D'après la formule on a $\frac{0{,}015^2 \times 4{,}50}{0{,}1284}$

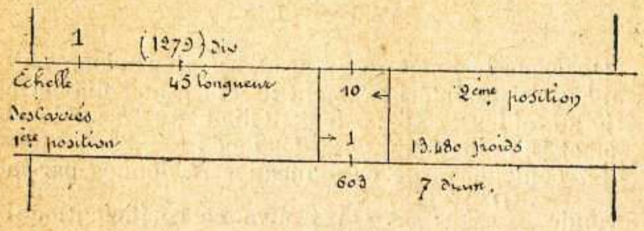
$15^2 = 225\ d$	7.890 poids
(1284) div.	4.50 long.

Quel est le poids d'une barre cylindrique qui a pour diamètre 0^m007 et pour longueur 4.50.

Le poids est égal à $\frac{0.007^2 \times 4.5}{0.1635}$

$7^2 = 49\ d^2$	13.480 poids
(0.1675) div.	45 longueur

Si l'on emploie l'échelle des carrés, on prend pour diviseur la racine carrée du diviseur 0,1635 = 0,1279.



On amène le nombre **45** de l'échelle des carrés sous le 1,279 de la règle. Comme le 7 de la Règle ne rencontre plus la réglette, on retire la réglette à droite et l'on place l'indicateur 1 des carrés à l'endroit que désignait l'indicateur 10 dans la première position.

Avant de déplacer la réglette des carrés on peut, pour mémoire, faire désigner par l'ind. 1 de la réglette inférieure l'endroit où il faut ramener l'indicateur **1** des carrés. Cette réglette est employée ainsi comme curseur.

Diviseurs pour le calcul des volumes et des poids

B base, H hauteur, D diamètre, C conférence

SUBSTANCES	POIDS spécifique d	PRISMES B H $\left(\frac{1}{d}\right)$	CYLINDRES D^2 H $\left(\frac{4}{\pi d}\right)$	CYLINDRES C^2 H $\left(\frac{4\pi}{d}\right)$	SPHÈRE D^3 $\frac{6}{\pi d}$	SPHÈRE C^3 $\frac{6\pi^2}{d}$
Plomb	11.352	0.0881	0.1122	1.107	0.1682	5.216
Acier fondu	7.920	0.1263	0.1608	1.587	0.2411	7.476
Fer forgé	7.788	0.1284	0.1634	1.614	0.2452	7.604
Fonte	7.207	0.1338	0.1767	1.744	0.2650	8.217
Maçonnerie en pierres	2.700	0.3704	0.4716	4.654	0.7073	21.93
— briques	1.750	0.5714	0.7275	7.181	1.091	33.84
Chêne sec	1.670	0.5988	0.7624	7.525	1.144	35.46
Sapin ordinaire	0.550	1.818	2.315	22.85	3.472	107.70
Eau	1.000	1.000	1.273	12.57	1.910	59.22

JAUGEAGE DES TONNEAUX

Tonneau plein

On a mesuré sur un tonneau les dimensions suivantes, prises intérieurement : D le grand diamètre pris au milieu = 0,61, d le petit diamètre des fonds = 0,52 et L, la longueur entre les fonds = 0,86.

La contenance de ce tonneau sera donnée par la formule $\frac{D^2 \times L}{\text{coefficient}}$. On trouve ce coefficient, qui varie suivant le rapport des deux diamètres, sur la petite table graphique *tonneau plein.*

On fait la division $\frac{D = 61}{d = 52} = 1{,}172$ et l'on cherche sur la ligne supérieure de la table le coefficient correspondant au rapport 1,17. On trouve 1,41. Puis, après avoir fait le carré du grand diamètre 61 = 3721 on fait la proportion

$$\frac{61^2 = 3721\ D^2}{(1{,}41)\ \text{coefficient}} \qquad \frac{x = 226{,}50\ \text{contenance}}{86\ \text{longueur}}$$

Pour arriver au même résultat par le calcul ordinaire, il faudrait employer la formule

$$(d^2 + (D^2 - d^2 \times 0{,}64) \times 0{,}7854 \times L$$

dans laquelle on considère la courbure des tonneaux comme parabolique ce qui est le cas général.

Tonneau en vidange couché

Le même tonneau de 226ˡ 5 se trouve en vidange, on veut constater le manquant ou le restant.

On introduit verticalement une tige par la bonde jusqu'au fond. La tige se trouve mouillée sur une hauteur de 0,24. La partie mouillée correspond à $\frac{24}{61}$ du grand diamètre ou en décimales au $\frac{39,3}{100}$

On cherche sur la petite table graphique *Tonneau en vidange* dans la partie des centièmes le nombre 393 qui correspond au coefficient **361**.

La contenance de la partie mouillée sera le produit du coefficient multipliée par la contenance totale, on aura $361 \times 226.5 =$ restant 81 litres 37 centilitres.

Si la partie mouillée de la tige était supérieure à la moitié du diamètre, le restant dépasserait la moitié de la contenance ; on chercherait le volume du manquant à déduire de la contenance totale.

S'il s'agissait de la vidange d'un tonneau cylindrique en fer, on calculerait la surface du segment formé par le niveau du liquide et l'arc du cylindre, et on multiplierait la surface de ce segment par la hauteur du cylindre.

Dimensions d'un volume d'après des proportions données

Dimensions d'un tonneau. On veut fabriquer un tonneau contenant 500 litres dont les dimensions soit dans le rapport des nombres 8 pour d, 9 pour D et 10,5 pour L, suivant l'instruction de pluviose an VII qui avait réglé la forme des nouvelles futailles.

On trouve 618[l], 6 pour la contenance d'un tonneau qui a pour dimentions 0,80, 0,90. 1,05. On prend le rapport des deux contenances $\frac{618.6}{500} = 1,3775$ dont on cherche la racine cubique $= 1,074$. Prenant cette racine comme diviseur, on lit les dimensions à donner

			d	D	L
litres 618,6	(1,074) div.		8	9	10,5
litres 500	1	$x =$	d 74,5	D 83,8	L 97,8

au tonneau de 500 litres correspondantes aux nombres 8, 9, 10,5.

CHUTE DES CORPS

Vitesse acquise, espace parcouru

L'échelle des carrés peut remplacer une table numérique pour la chute des corps donnant les hauteurs correspondantes à différentes vitesses, les unes et les autres étant exprimées en mètres.

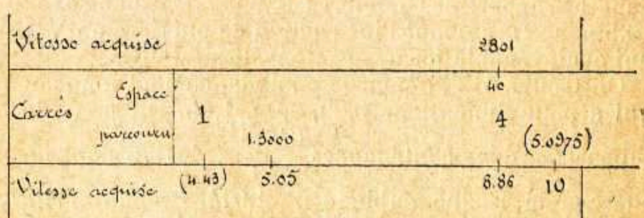
On se sert du rapport constant $\frac{10.004 \text{ échelle des carrés}}{4,429}$

ou simplifié $\frac{1}{443}$ dans lequel le nombre 4,43 représente la vitesse acquise par un mobile tombant librement de la hauteur d'un mètre.

On peut aussi employer le rapport inverse.

$$\frac{5,0975 \text{ espace parcouru}}{10^m \text{ vitesse acquise}} \quad \text{échelle des carrés}$$

On dispose l'échelle des carrés comme suit :



Soit à trouver les vitesses acquises d'un mobile qui a parcouru 4^m et 40^m. Le nombre 4 de l'échelle des carrés indique 8^m86 pour 4^m et 280^m10 pour 40^m.

Pour une vitesse acquise de 0,05 on trouve exactement 1,3000 qui est aussi un rapport simple que l'on pourrait prendre pour un rapport constant.

Vitesse acquise en un temps donné et réciproquement

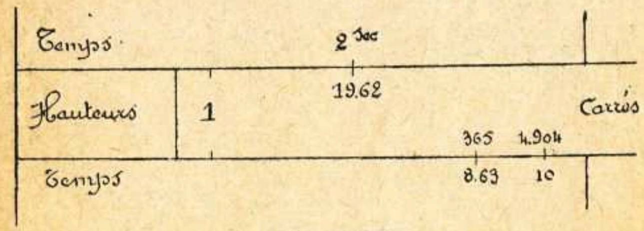
La vitesse acquise étant proportionnelle au temps, on multiplie le nombre de secondes par le nombre constant 9,8088 ou simplifié 9,81. On trouve sur la règle :

secondes	2	3	1
vitesse acquise	19,62	29,42	9,81

La hauteur de chute parcourue en un temps donné, et réciproquement, est obtenue par le rapport constant $\frac{9,81}{2}$ ou 4,904.

Exemple. Une pierre abandonnée a la pesanteur met 2 secondes pour descendre à la surface de l'eau, quelle est la profondeur jusqu'à la surface? Réponse. 19m62.

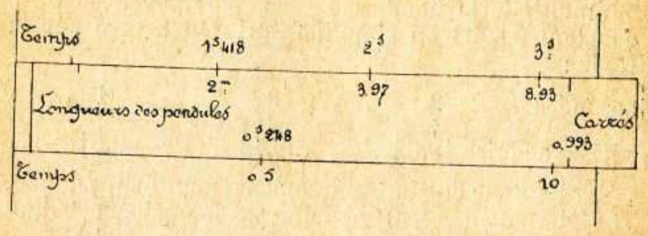
Exemple. Combien de temps mettra une pierre pour atteindre le fonds d'un puits qui a 365m de profondeur ? Réponse : 8sec63.



OSCILLATION DES PENDULES

La longueur du pendule battant la seconde étant de 0,993, la durée des oscillations correspondantes aux longueurs de pendules sera donné par le nombre

constant 0,993 pris sur l'échelle des carrés. Ce nombre est donné par la formule ($T^2 = r^2 \frac{1}{g}$)



Le nombre d'oscillations correspondant aux longueurs des pendules s'obtient avec l'échelle des carrés renverés et le nombre constant 0,993. La formule est

$$\frac{\text{nombre de secondes au carré}}{\text{longueur du pendule}}$$

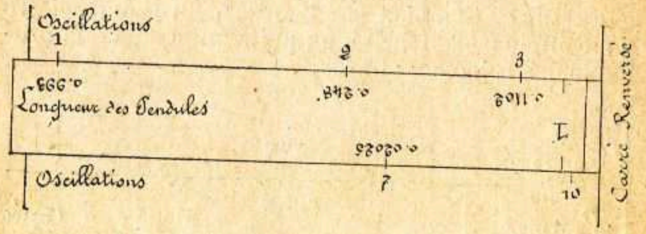


TABLEAU DES OPÉRATIONS

QUE L'ON PEUT EFFECTUER AVEC LA RÉGLE A DEUX RÉGLETTES

La lettre x indique la quantité inconnue. A B C les quantités connues. Une lettre soulignée désigne une quantité constante. La lettre I représente un indicateur 1 ou 10. L'abréviation *renv.* indique la réglette renversée.

Observation. — Le trait horizontal des figures ne sert qu'à séparer les nombres à lire sur la règle de ceux à lire sur les réglettes quelles que soient leurs positions.

1. $x = A \times B$

A	x
I	B

2. $x = \frac{A}{B}$

x	A
I	B

3. $x = \frac{A}{B}$

B	x
I	A

4. $x = \frac{A}{C} \times B$

A	x
C	B

5. $x = \frac{A \times B}{C}$ $\frac{A}{C} = \frac{x}{B}$

	x	A
renv.	C	B

A	B
C	x

6. $x = A \times B$

	x	A
renv.	I	B

7. $x = \frac{A}{B}$

A	x
I	B

8. $x = \sqrt{A}$

pair	A	x	10
R. inf. renv.	10	x	A
		x	
impair		x	

9. $x = \sqrt{A\,B}$

R. inf. renv.	B	x	A
	A	x	B

10. $x = \frac{A^2}{B}$

A	B
x	B

11. $x = \frac{A^2}{B}$

pair	x			x
	B	A		B
R. inf. renv.	B	A	B	
impair	x	A	x	

OPÉRATIONS SUR L'ÉCHELLE DES CARRÉS

GRAVÉE SUR LE REVERS DE LA RÉGLETTE SUPÉRIEURE

Le mot *carré* indique cette échelle. Suivant le cas, cette reglette est tirée soit à droite, soit à gauche, est renversée, et prend la position complémenfaire pour trouver les nombres que ne donnait pas la première position.

12. $x = A^2$ carré

I	A	3.16
I	x	10
	x	
3.16	A	10

13. $x = A^2$ carré renv.

A	3.16
10	x
A	I

14. $x = A \times B^2$ carré

x	A
B	I

15. $x = A \times B^2$ carré renv.

V	x
B	I

16. $x = \frac{A}{B^2}$ carré

I	B
x	A

17. $x = \frac{A}{B^2}$ carré renv.

I	B
V	x

18. $x = \frac{A^2}{B}$ carré

A	B
x	B

19. $x = \frac{A^2}{B^2}$ carré / carré renv.

	B	A
carré	I	x
	A	B
carré renv.	I	x

20. $x = \frac{A}{C^2} \times B^2$ carré

A	x
C	B
A	x

21. carré renv.

C	B
x	V
C	B

22. $x = A^3$ carré renv.

V	x
A	I

23. $x = \frac{A^3}{C^2}$ carré renv.

A	C
∀	x
A	C

24. $x = \sqrt{A}$ carré renv.

I	∀
x	I

25. $x = A \times \sqrt{B}$

A	x
I	ᗺ
A	x

26. $x = \sqrt{\frac{A}{B}}$ carré

x	
A	B
x	I

27. $x = \sqrt{A^3}$ carré renv.

x	∀ A
x	I

28. $x = \frac{A}{\sqrt{B}}$ carré

A	x
B	I

29. $x = \frac{A}{\sqrt{B}}$ carré renv.

ᗺ	I
x	A

30. $x = \sqrt{\frac{A}{B}}$ carré renv.

ᗺ	∀
x	I

31. $x = \sqrt{\frac{A}{B}}$ carré

x	A
B	A
x	

32. $x = \frac{A}{\sqrt{B}} \times \sqrt{C}$

A	x
B	C

33. $x = \frac{A \times \sqrt{B}}{\sqrt{C}}$ carré renv.

Ɔ	ᗺ
x	A

34. $x = \sqrt{\frac{A^3}{B}}$ carré renv.

x	A
ᗺ	∀

35. $x = \sqrt[3]{A}$ carré renv.

x	∀
x	A

36. $x = \sqrt[3]{A^2}$ carré renv.

x	I
x	A

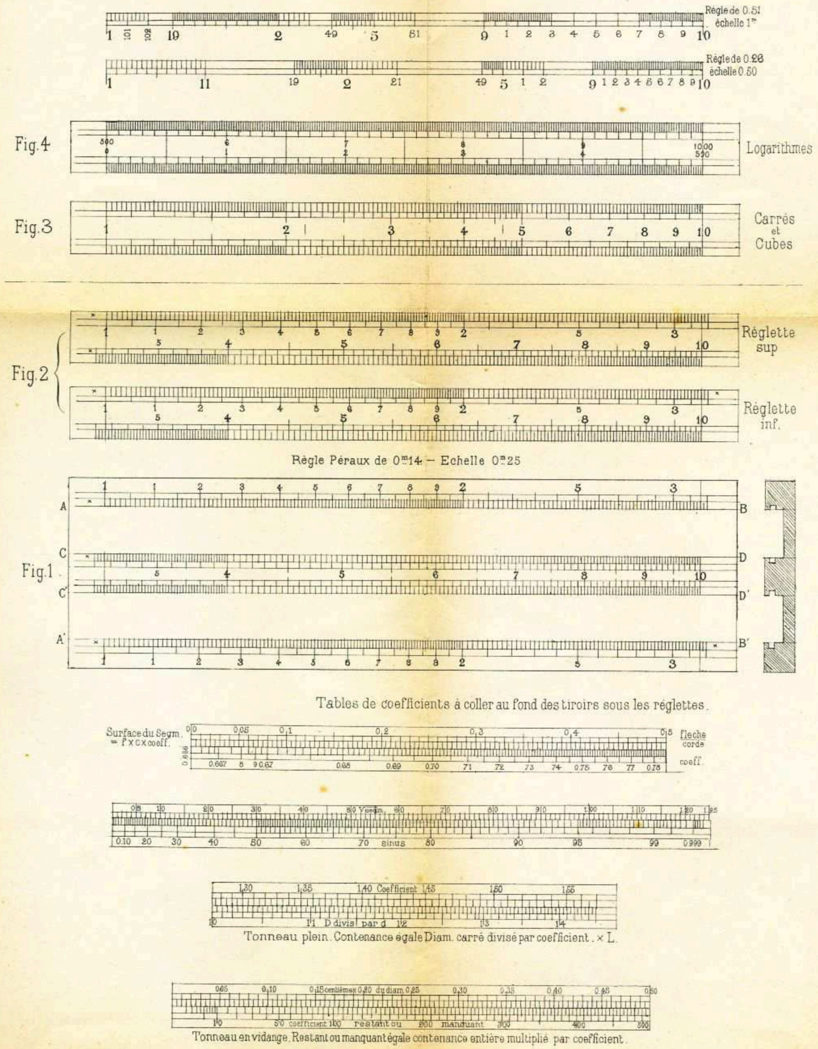
37. $x = \sqrt[3]{A^2 \times B}$ carré renv.

x	ᗺ
x	A

TABLE DES MATIÈRES

Auxerre. — Imprimerie Albert LANIER, Rue de Paris, 43.

Régle logarithmique à deux réglettes de E Péraux à Nancy — Fragments d'Echelles



PRIX DES RÈGLES A CALCUL

LONGUEUR	DÉSIGNATION	PRIX
0m260	Règle à calculs ordinaires à biseau..	7 »
0m210	— — — — ..	7 »
0m260	Regle à biseau à curseur Mannheim.	10 »
0m210	— — — — .	10 »
0m260	Règle échelle repliée Mannheim.....	15 »
0m130	— — — —	10 »
0m360	Règle ordinaire sans biseau.........	25 »
0m360	— — avec biseau.........	30 »
0m360	Règle sans biseau Mannheim.......	25 »
0m360	— avec biseau —	30 »
0m500	Règle ordinaire sans biseau.........	50 »
0m500	Règle curseur sans biseau Mannheim.	50 »
0m500	— — avec biseau —	60 »
0m400	Règle pour tachéomètre, centésimale ou sexagésimale................	50 »
0m280	Règle du topographe, sexagésimale ou centésimale, du colonel Goulier....	30 »
0m260	Règle à double réglette Peraux, ordinaire..	25 »
0m260	— — — avec curseur	30 »
0m500	— — —	80 »
2m000	Règle pour démonstration	150 »
2m000	— — avec engrenage...	250 »
	Méthode E. Peraux	» 75

La Méthode est envoyée franco dans toute la France contre 0 fr. 75 en timbres

On peut se procurer les Règles chez TAVERNIER-GRAVET, *à Paris, contre un mandat d'égale somme et 0 fr. 35 pour expédition recommandée, à l'exception de celles ayant plus de 0m26 de longueur qui sont expédiées par le chemin de fer, port et emballage à la charge de l'acheteur.*

Auxerre. — Typ. et Lith. A. Lanier