

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR
L'INDUSTRIE NATIONALE

B531-92

PUBLIÉ
SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ
MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

QUATRIÈME SÉRIE. — TOME VIII. — 1893

Pour faire partie de la Société, il faut être présenté par un membre et être nommé par le Conseil d'administration.

(Extrait du Règlement.)



PARIS
SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

1893

d'un 1/2 mètre cube d'eau par mètre courant, il serait préférable d'en faire des fossés de drainage, en terrains imperméables, et d'aborder la culture profonde.

Quoi qu'il en soit de ces variantes, qui donnent plus complète satisfaction à l'agriculture que les barrages en pierres sèches, l'administration forestière, depuis de longues années, avec une admirable persévérance et un rare succès, a démontré le parti que l'on peut tirer, pour éviter les débordements, non seulement des barrages, mais encore du gazonnement et du reboisement des ravins et des hautes vallées.

L'État ne peut pas tout faire et la solution reste toujours à trouver concernant les ressources indispensables pour effectuer des travaux qui intéressent si profondément l'agriculture. Dans la situation du morcellement de la propriété en France, surtout en pays de montagnes, avec les fonds exigus dont disposent les communes et les cultivateurs voués au système pastoral, à qui incomberont l'exécution, le contrôle et l'entretien de travaux qu'il faut étendre à des districts entiers s'ils doivent être efficaces? L'auteur n'a pas abordé cette question; non plus, fait-il connaître les résultats de l'application du moyen qu'il propose, même sur une petite surface.

Nous n'en croyons pas moins qu'il y a lieu d'adresser à M. Pinchard les remerciements de la Société pour son travail sur un sujet digne de toute la sollicitude du Comité d'agriculture et d'imprimer le rapport au *Bulletin* de la Société.

Signé : A. RONNA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 24 janvier 1893.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par M. LE COLONEL GOULIER, au nom du Comité des arts mécaniques, sur la RÈGLE A CALCUL A DEUX RÉGLETTES de M. PÉRAUX, négociant à Nancy.

M. le colonel Goulhier en 1884, avait rédigé un Rapport sur la règle à calcul à deux réglettes de M. Péraux; il se proposait de le compléter à l'aide de nouveaux renseignements fournis par l'auteur avant de le lire en séance de la Société, mais il ne put donner suite à son projet.

Le Rapport retrouvé dans les papiers du colonel Goulhier après sa mort a été, sur la

demande de M. Péraux, remis au Comité des Arts mécaniques qui a décidé de le soumettre à l'approbation du Conseil et de demander sa publication dans le *Bulletin* de la Société.

Sur la règle à calcul ordinaire sont tracées des échelles diverses : On y voit d'abord, au-dessus de la coulisse et sur les deux bords de la réglette qui glisse dans celle-ci trois échelles identiques, dites *échelles des nombres* et qui représentent graphiquement les logarithmes des nombres depuis 1 jusqu'à 100. Au-dessous de la coulisse est tracée une quatrième échelle, dite des racines carrées, qui représente, avec des dimensions doubles, les logarithmes des nombres depuis 1 jusqu'à 10. Pour les trois premières, l'unité logarithmique est la moitié de la longueur commune à ces échelles; pour la quatrième l'unité logarithmique est égale à cette longueur. On sait que l'échelle des racines sert, concurremment avec les premières, à calculer les puissances deuxième et troisième des nombres, ainsi que les racines carrées et cubiques.

Le revers de la réglette porte trois échelles : l'une est divisée en parties égales; mise en rapport avec celle des racines carrées, elle fait connaître les valeurs numériques des logarithmes des nombres. Elle s'emploie pour les puissances et les racines d'ordre supérieur aux troisièmes. Sur les deux autres échelles on a représenté les logarithmes des sinus et des tangentes, en prenant la même unité logarithmique que pour les échelles des nombres.

La plupart des calculs se font en ajoutant bout à bout ou en retranchant les longueurs des parties de ces échelles qui correspondent aux données.

Les erreurs qui peuvent affecter les résultats de ces opérations tiennent à trois causes principales :

1° Une différence produite par le travail moléculaire du bois, entre les longueurs qui représentent les unités des échelles de la règle et de la réglette;

2° Des inexactitudes dans le tracé de ces échelles;

3° Les inexactitudes commises par l'œil dans l'appréciation des fractions des divisions de ces échelles qui correspondent aux données et au résultat.

Grâce aux procédés employés pour dessécher et préparer les bois des règles, et grâce à la précaution prise par le constructeur, de débiter l'un à côté de l'autre les deux morceaux de bois destinés à chaque règle et à sa réglette, la première cause d'erreur est actuellement insignifiante. Quant aux deux autres, elles produisent une inexactitude plus ou moins grande sur

la longueur qui représente le logarithme du résultat. Pour les calculs de diverses sortes : multiplications, divisions, recherche du quatrième terme d'une proportion... les erreurs moyennes à craindre sur ces longueurs sont naturellement d'autant plus grandes que les calculs sont plus compliqués ; mais pour chaque genre de calculs les grandeurs de ces erreurs moyennes sont indépendantes de la longueur adoptée pour l'unité logarithmique. Elle est toujours, par exemple, un dixième, un sixième, un quart de millimètre...

Il résulte de là que, pour chaque genre de calcul, l'erreur à craindre, non plus sur le logarithme du résultat cherché, mais sur ce résultat lui-même, est proportionnelle à la grandeur de ce résultat. On comprendra facilement cette proportionnalité si l'on veut bien remarquer que sur la règle les divisions comprises entre 198 et 200, entre 475 et 500, entre 990 et 1 000 ont la même longueur et que si en faisant lecture sur ces trois régions 200, 500, 1 000 de la règle on se trompe d'une demi-division, les erreurs répondront respectivement à 1 unité, 2,5 unités et 5 unités qui sont régulièrement proportionnelles aux lectures. En partant de là et en appliquant le calcul des probabilités aux erreurs qui, pour une unité logarithmique de 125 millimètres peut affecter le produit ou le quotient de deux nombres, on trouve que cette erreur moyenne serait environ de $1/400$ à $1/500$ du nombre cherché, et que, pour des calculs plus compliqués et pour des cas particuliers (en moyenne pour une opération sur 100), l'erreur pourrait atteindre et dépasser même $1/150$ du nombre cherché. Ces erreurs relatives pourraient être doublées pour un opérateur dont la vue n'aurait pas une netteté suffisante, ou qui ferait l'opération à la légère.

Pour des unités logarithmiques de $0^m,25$ ou $0^m,50$ les erreurs seraient deux fois ou quatre fois moindres.

L'unité logarithmique de $0^m,125$ dont il vient d'être question est celle qui est employée pour la règle à calcul dite de 25 centimètres, mais dont le bois a en réalité $0^m,26$, règle la plus usitée, parce que, sous un faible volume et avec un maniement facile, elle donne toute la précision requise pour le plus grand nombre des calculs que nécessitent les projets des ingénieurs. En particulier pour les calculs de la résistance des matériaux elle donne une exactitude plus que suffisante, puisque les coefficients qui entrent dans ces calculs peuvent être erronés de $1/10$ et plus. Elle donne aussi l'exactitude nécessaire pour les avant-métrés et les états estimatifs, puisque, pour tenir compte des frais imprévus, on a l'habitude de majorer de plusieurs centièmes les dépenses calculées.

Cependant, il est des calculs pour lesquels une plus grande précision est requise. Pour satisfaire à ce besoin les constructeurs ont d'abord doublé la longueur de l'unité logarithmique et exécuté des règles de 0^m,50 avec lesquelles les erreurs sont réduites de moitié. Mais pour manœuvrer la réglette d'une règle de cette longueur et donner à celle-ci les positions convenables pour les lectures, l'ingénieur doit avoir sa table de travail libre sur plus de 1 mètre. Cette condition étant gênante, on a réduit les longueurs divisées des règles à 0^m,35 ou 0^m,40, en diminuant proportionnellement les échelles de la règle de 0^m,50. Naturellement ces diminutions ont augmenté, dans des propositions inverses de la longueur, les erreurs à craindre avec ces règles raccourcies, de telle sorte que, pour la règle de 0^m,35 les erreurs moyennes des multiplications sont devenues 1/600 à 1/700 et les erreurs moyennes maxima à 1/200 du résultat cherché; avec la règle de 0^m,40 l'erreur moyenne étant de 1/700 à 1/800, l'erreur peut atteindre, une fois sur 100, 1/300 du résultat.

Cependant dès 1851, le savant professeur actuel de l'École polytechnique, M. Mannheim, alors qu'il était sous-lieutenant élève d'artillerie à l'École de Metz, avait apporté à la règle classique des modifications qui augmentaient considérablement la précision des résultats. 1° Au moyen de traits de repère gravés sur des encoches pratiquées dans les bouts de la règle, il avait au moins doublé la précision des lectures pour les échelles du revers de la réglette, lecture que, sur les règles ordinaires, on faisait grossièrement en regard de la tranche du bois. 2° Il avait disposé la réglette de telle sorte qu'on pût la retourner sens dessus dessous et mettre les échelles des sinus et des tangentes en contact immédiat avec les échelles de nombres, ce qui facilite certains calculs, par exemple la résolution des triangles. 3° Il avait fait graver, sur les échelles des nombres, des traits indicateurs correspondant à $1/\sin 1'$ et $1/\sin 1''$, traits au moyen desquels on fait avec précision les calculs dans lesquels entrent les sinus ou les tangentes des angles plus petits que 3 degrés; tandis que, sur l'ancienne règle, on ne pouvait pas lire les sinus ou les tangentes des angles plus petits que 4 degrés, et l'on était exposé à de fortes erreurs sur les sinus et tangentes des angles compris entre cette limite inférieure et 3 degrés, angles pour lesquels les traits de la règle correspondants des dizaines de minutes étaient très distants les uns des autres. 4° Enfin et surtout, il avait remplacé l'échelle des nombres du bord inférieur de la réglette par une échelle des racines carrées identique à celle de la règle. Et grâce à l'emploi des index d'un curseur imaginé, pensons-nous, par le

savant général Didion, alors capitaine d'artillerie à l'École de Metz, on peut obtenir dans les produits, les quotients et les proportions, le même degré de précision qu'eût donné une règle ordinaire de 0^m,50 (1).

Par ces diverses modifications la précision de la règle classique a été au moins doublée. C'est donc avec justice qu'on a donné à la règle modifiée le nom de celui qui l'a organisée et c'est avec raison qu'elle a été adoptée par la plupart des ingénieurs (2).

(1) En faisant les calculs avec ces échelles, on est parfois exposé à une perte de temps résultant de fausses manœuvres consistant en ce que si l'on fait usage du trait de gauche au lieu d'employer celui de droite ou réciproquement, le résultat tombe en dehors de l'échelle sur laquelle on devrait le lire. On peut restreindre notablement ces ratés en employant la méthode de calcul de M. Roset, répétiteur à l'École polytechnique, méthode avec laquelle on tire toujours la règlette à droite et d'une quantité moindre que la moitié de sa longueur et l'on dispose les lectures des données ou bien on opère par compléments de telle sorte que le résultat se lise sur l'une ou l'autre des deux portions des deux échelles du papier que l'on a mises en prise.

(2) C'est M. Tavernier-Gravet qui, grâce à la préparation qu'il sait faire subir au bois et à la perfection de la machine dont il se sert pour tracer les règles, a presque le monopole de leur fabrication ; en 1863, il fabriquait annuellement 2000 règles de 0^m,25, 50 de 0^m,35 et 50 de 0^m,50. En 1883 la production était doublée et parmi les règles de 0^m,25 on lui demande plus de règles Mannheim que de règles ordinaires.

Dans ce qui précède, il n'a été question que des règles ou des échelles logarithmiques destinées à des usages généraux, comme le sont les tables ordinaires de logarithmes qui donnent des résultats plus ou moins précis, selon qu'elles ont des décimales plus ou moins nombreuses. Mais les mêmes principes, les mêmes dispositions sont applicables aux règles ou aux échelles spéciales créées ou à créer en vue de satisfaire à des besoins déterminés. Telles sont ces échelles destinées au marin, au moyen desquelles on trouve si promptement la solution des problèmes d'astronomie nautique et de navigation. Telles sont les règles destinées aux luthiers et qui portent des divisions logarithmiques correspondant aux nombres de vibrations des diverses notes de la gamme. Telles sont les règles avec lesquelles les chimistes exécutent très promptement tous les calculs dans lesquels entrent les équivalents représentés par leurs logarithmes. Telles sont les règles avec lesquelles les météorologistes calculent la réduction du baromètre à zéro ou l'état hygrométrique de l'air d'après les indications du psychromètre d'August. Telles sont les règles du topographe avec lesquelles on exécute promptement tous les calculs que comportent les opérations topographiques, etc., etc.

On trouve en Angleterre des règles à calculs au moyen desquelles on transforme les pence en shillings et les onces en livres, ce qui fait éviter des multiplications par les fractions $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{16}$. (*Statique graphique* de CULMANN, édition française, t. I.)

On a construit une autre règle analogue et destinée à réduire les longueurs, poids et monnaies. La règlette seule est divisée en logarithmes. Des deux côtés de la règlette sont indiqués sur la règle plus de 100 longueurs, poids et monnaies, de différentes espèces, et cette graduation de la règle est faite de manière qu'à chaque trait de graduation corresponde sur la règlette son coefficient de réduction (comme la règle chimique de Wollaston).

On a construit une règle spéciale (fig. 40, p. 63) pour la réduction du change et des monnaies.

M. Pestalozzi, banquier, a construit en fort papier une règle à coulisse destinée à l'agiotage. Comme les cours des valeurs ne varient qu'entre les limites 8 p. 100 au plus, on n'a besoin que

Pour augmenter la précision, sans augmenter la longueur des règles on eût pu, au moyen de loupes portés par les index et les curseurs, amplifier optiquement des divisions finement tracées sur ivoire. Mais à notre connaissance, probablement à tort, on n'a pas suivi cette voie ; on a eu recours à un autre principe, celui des échelles tronçonnées et repliées.

La plus ancienne application française que nous connaissions de cet artifice remonte à l'année 1850. A cette époque, M. Dérivry, géomètre, publiait son *arithmomètre géodésique*, imprimé sur deux feuilles de papier collées sur des cartons de 0^m,35 sur 0^m,45 assemblées par une charnière en toile comme un carton-portefeuille. Les dessins représentent des échelles logarithmiques, des nombres, des sinus et des tangentes, tracés pour une unité logarithmique de 8 mètres de longueur. Mais chacune des échelles est divisée en cinquante tronçons de 0^m,16, disposés en colonne les uns au-dessous des autres. Pour les opérations, on fait usage d'une feuille de corne transparente sur laquelle on fixe momentanément, par pression, un index tracé sur un petit morceau de taffetas gommé, et on lit les résultats, comme on les lirait sur une règle ordinaire longue de 16 mètres. La loi des rapports inverses, entre les erreurs et la longueur des unités logarithmiques, n'est pas ici applicable, parce que, d'une part, le tracé des divisions fait à la main sur la pierre lithographique n'a pas la précision du tracé fait mécaniquement sur les règles en buis, et parce que d'ailleurs le collage des échelles imprimées est inévitablement accompagné de quelques déformations. Aussi, quoique l'unité logarithmique soit soixante-quatre fois plus grande que celle d'une règle dite de 0^m,25, ne doit-on pas s'attendre à une précision soixante-quatre fois plus grande qu'avec cette dernière. Les erreurs de celles-ci sont seule-

de la partie de la règle ordinaire qui s'étend de 0,93 à 104. On peut donc, sur une règle de 0^m,26, faire usage des divisions d'une échelle logarithmique de 7^m,50.

M. Culmann a remarqué au gueulard d'un haut fourneau, en Angleterre, une règle à calcul dont la réglette portait seulement trois traits marqués : minerai, charbon, castine. Les ouvriers qui devaient veiller à ce que certaines substances fussent employées en proportion convenable, pesaient le wagon de minerai et plaçaient le trait « minerai » en regard du poids trouvé, alors immédiatement en regard des deux autres traits ils trouvaient les poids correspondants de charbon et de castine.

Pages 59 à 61, Culmann indique une règle pour tachéomètre différente de celles que je connaissais.

Culmann (p. 67) donne la description d'une règle de M. Finsler, directeur de banque. Elle a deux réglottes, l'une sur une face, l'autre sur l'autre face de la règle. La première face et l'une des réglottes portent les échelles ordinaires. Sur l'une des réglottes, sont portés les cubes de 1 à 1000. L'envers de cette réglette porte les deux séries ordinaires, mais allant de droite à gauche, etc. On fait les calculs d'intérêts composés.

ment réduites au quinzième ou au vingtième. Pour des calculs simples (multiplications ou divisions) faits avec l'arithmomètre géodésique, l'erreur moyenne peut donc être comprise entre $1/6\,000$ et $1/10\,000$ du résultat.

Il est regrettable que cet abaque n'ait pas eu dans son temps une publicité suffisante, car il donne une précision que des ingénieurs peuvent désirer pour certains calculs (1).

En 1852, sans avoir connaissance de l'abaque de M. Dérivry, M. Mannheim faisait exécuter des règles à échelles repliées : d'abord une règle de $0^m,13$ portant, sur les deux bords de la coulisse et sur ceux de la réglette, les deux moitiés d'une échelle tracée avec l'unité logarithmique de $0^m,25$, puis une règle cylindrique, longue aussi de $0^m,13$, portant une échelle logarithmique de 1 mètre, divisée en huit tronçons, disposés sur huit génératrices équidistantes du cylindre. Celui-ci pouvait glisser dans un tube portant quatre fenêtres longitudinales à bords en biseaux, sur lesquelles était tracée, tronçonnée aussi en huit parties une échelle logarithmique identique à celle du cylindre. Ces deux règles qui ont paru dans la vitrine de M. Gravet, lors de l'Exposition universelle de 1855, et ont valu à M. Mannheim une mention honorable, quoiqu'il ne figurât pas comme exposant, ont été depuis déposées dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers. Les difficultés d'exécution de la seconde ont empêché d'en organiser la fabrication industrielle.

Règle Péraux. — C'est au même type de règles à échelles repliées que se rapportent les instruments que M. Péraux, négociant à Nancy, a soumis à votre approbation.

Ces règles s'exécutent sur trois longueurs, $0^m,13$, $0^m,26$, $0^m,52$ avec des unités logarithmiques de $0^m,25$, $0^m,50$ et 1 mètre, qui sont, par conséquent, quadruples de celles que l'on trace habituellement sur les règles ordinaires de mêmes longueurs. Ce qui les distingue à première vue des règles ordinaires, c'est l'emploi d'une double réglette, qui oblige à donner à la règle une largeur de 46 millimètres, presque double de celle des règles ordinaires. Les bords de ces deux réglettes portent les divisions logarithmiques disposées de

(1) Un ingénieur anglais, dont le nom nous échappe, a imaginé, il y a quelques années, de composer une échelle logarithmique de longueur comparable à celle de M. Dérivry, en tronçons imprimés les uns au-dessous des autres, mais avec une inclinaison qui par l'enroulement du papier sur un cylindre permet de raccorder ces tronçons pour en faire une échelle continue disposée en hélice. Les calculs se faisaient par le déplacement longitudinal et la rotation d'un index porté par une tige métallique. Nous ignorons si l'inventeur est parvenu à résoudre les difficultés matérielles d'exécution qui l'ont d'abord arrêté.

la façon suivante : le long du bord supérieur de chaque réglette sont tracés les logarithmes des nombres 1 à 3,16, logarithmes qui varient entre 0 et 0,50, puis le long des bords inférieurs sont tracés les logarithmes des nombres depuis 3,16 jusqu'à 10, logarithmes dont les valeurs sont comprises entre 0,5 et 1,0. D'ailleurs, ces deux échelles sont disposées l'une en regard de l'autre, de telle sorte que la distance entre les traits extrêmes 1 et 10, traits qui traversent toute la réglette, soit exactement une demi-unité logarithmique.

Sur les deux bords opposés de chacune des rainures, dans lesquelles se meuvent les réglettes, sont tracées également les deux moitiés d'une échelle logarithmique ; mais, tandis que, pour la rainure supérieure, la partie comprise entre 1 et 3,16 est en haut, et celle comprise entre 3,16 et 10 est en bas,

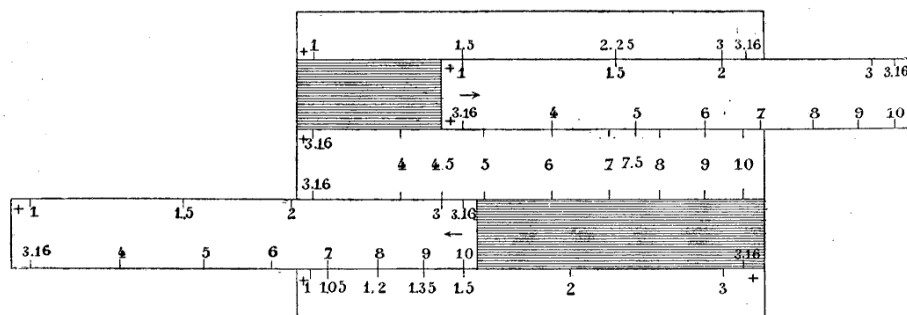


Fig. 1. — Règle à calcul Péraux.

c'est l'inverse pour la rainure inférieure, de telle sorte que les deux demi-échelles tracées, soit vers le milieu de la règle, soit vers les bords extérieurs, sont identiques et semblablement placées. Et ce sont ces positions relatives des demi-échelles de la règle et des réglettes qui rendent facile l'exécution des calculs.

Pour expliquer la manœuvre de l'instrument, supposons que l'on ait à multiplier 1,5 par un autre nombre, on sait que pour cela il faut ajouter les logarithmes du multiplicande et du multiplicateur, ou, ce qui revient au même, les longueurs qui représentent ces logarithmes. Avec la règle à calcul ordinaire, l'opération ne présente pas d'ambiguïté, parce que le trait 1 gauche ou droit de chaque échelle correspond toujours à une caractéristique entière. Mais ici, l'un des deux index, droit ou gauche, de chaque demi-échelle, correspond à une caractéristique entière augmentée d'une demi-unité. Il faut se garder d'oublier cette circonstance sous peine de trouver

des nombres fantastiques. Au reste, pourvu que l'on suive une marche méthodique dans les calculs, on peut éviter ce danger. Mais, en réalité, cette ambiguïté n'existe pas. Certaines demi-échelles portent à une de leur extrémité un petit signe, représenté par une croix + ou un simple point, qui indique clairement la caractéristique du résultat, ou, autrement, si le résultat doit se lire sur l'échelle gauche ou droite d'une règle ordinaire.

Reprenons notre exemple : Pour multiplier 1,5 par un autre nombre, mettons l'index 1 de la réglette supérieure en regard de 1,5 lu sur la demi-échelle supérieure de la règle ; puis, faisons sortir la réglette inférieure vers la gauche et mettons son index 10 en correspondance avec notre multiplicande 1,5 lu sur la demi-échelle inférieure de la règle. Nous constaterons alors que les quatre demi-échelles des réglottes qui sont en prise avec les quatre demi-échelles de la règle constitueraient, si elles étaient mises bout à bout dans un ordre convenable, une échelle logarithmique complète représentant tous les multiplicateurs depuis 1 jusqu'à 10 et que sur les quatre portions correspondantes des demi-échelles de la règle, on lit les produits de ces multiplications par le multiplicande 1,5. Ces portions constitueraient aussi, elles, si elles étaient mises bout à bout dans un ordre convenable, une échelle logarithmique représentant tous les nombres compris entre 1,5 et 15. C'est en utilisant cette propriété et en l'associant parfois avec le renversement des réglottes, que l'on fait, avec la règle Péraux, les multiplications, les divisions, les proportions, les carrés et les racines carrées.

Le plus souvent, après avoir estimé, *grosso modo*, la valeur du nombre cherché, on ne manœuvre et on n'ajuste que la réglette au moyen de laquelle on doit déterminer la valeur précise de ce nombre. Et s'il arrivait que celui-ci soit en dehors des parties de cette réglette, qui sont en prise avec les échelles de la règle, on en serait quitte pour refaire l'opération au moyen de la deuxième réglette. C'est là une fausse manœuvre analogue à celle à laquelle on est exposé en faisant les calculs avec les échelles des racines de la règle Mannheim. Elle entraîne certainement une perte de temps ; pour l'éviter, il faudrait employer une règle ordinaire, c'est-à-dire une règle portant bout à bout deux échelles logarithmiques des nombres compris entre 1 et 10. Mais, pour donner la même précision que la règle Péraux, cette règle ordinaire devrait être quatre fois plus longue que celle-ci.

Autrefois, les règles de M. Péraux, disposées comme on vient de l'expliquer, ne pouvaient servir que pour les calculs de l'arithmétique élémentaire. Depuis lors, l'inventeur les a complétées, et y a ajouté, comme ils existent

dans les règles ordinaires, les moyens de faire les calculs des puissances et des racines, ainsi que ceux qui comportent des sinus et des tangentes. Voici comment :

Sous le dos de la réglette supérieure et près de ses bords, il a tracé deux échelles des nombres compris entre 1 et 10, avec une unité logarithmique moitié de celle adoptée pour les échelles dont il a été question jusqu'ici. Cette échelle représente les carrés des nombres correspondants lus sur la face opposée de la réglette. Et la comparaison de ces échelles supérieures et inférieures permet de faire les puissances et les racines deuxième et troisième.

Puis, au dos de la réglette inférieure et près de ses bords, il a tracé deux échelles de parties égales, exprimant, par leur chiffraison, des millièmes de l'unité logarithmique principale et chiffrées l'une de 0 à 500, et l'autre de 500 à 1 000. Mises en correspondance avec les deux demi-échelles logarithmiques principales, ces deux demi-échelles de parties égales donnent, comme l'échelle unique des règles ordinaires, les valeurs des parties décimales des logarithmes de tous les nombres. On sait qu'on utilise ces valeurs pour les calculs des puissances et des racines d'ordre supérieur à 3.

N'oublions pas d'ajouter que, pour obtenir de ces échelles tracées sur le dos des réglettes toute la précision désirable, on a donné à ces réglettes la possibilité d'être retournées dans leur coulisse, comme cela a lieu pour la règle Mannheim.

Enfin, et c'est là un détail important, M. Péraux a gravé et imprimé sur une bande de papier, qu'il colle au dos de sa règle, des échelles comparatives, l'une en parties égales, et les autres en parties inégales, qui donnent à vue les sinus et les tangentes naturelles des angles, lignes exprimées en centièmes du rayon et fractions de centièmes. Ces échelles sont divisées en plusieurs tronçons placées l'un au-dessous de l'autre, de telle sorte que celles que l'on peut coller sur le dos d'une règle de 0^m,50 auraient, développées, une longueur de 1^m,33 et donnent en réalité à vue la même précision que donneraient des tables à quatre décimales, en moyenne une erreur de 1/10 000, tandis que les règles Mannheim de 0^m,50 donnent au moins une erreur moyenne de 1/1 600 à 1/2 000. Il est vrai que, avec la règle ordinaire, on multiplie et l'on divise directement les nombres par les sinus et les tangentes, tandis qu'ici, il faut commencer par rechercher, sur les échelles comparatives, les valeurs numériques des lignes trigonométriques et que, en outre d'une perte de temps, l'erreur commise dans l'appréciation de la valeur de

celle-ci peut s'ajouter à celle que comporte la multiplication ou la division.

Quoique le principe de ces échelles comparatives ne soit pas nouveau, et quoique de nombreuses applications en aient déjà été faites, il n'est pas moins intéressant de trouver sur une feuille de papier de 0^m,10 sur 0^m,26 l'équivalent d'une table des lignes trigonométriques à quatre décimales exigeant quarante-cinq pages de chiffres. D'ailleurs, M. Péraux ne se contente pas de fixer ces échelles sous les règles ; il les dispose encore collées sur toile ou sur carton se pliant comme un portefeuille, en forme de carnet de poche ayant 0^m,13 de longueur sur 0^m,05 de largeur et 4 millimètres d'épaisseur, carnet dans lequel l'ingénieur peut trouver l'équivalent d'un rapporteur de 1^m,33 de rayon.

Ne négligeons pas de faire remarquer que les déformations que peuvent produire ces collages, déformations qui rendent si inexactes toutes les règles à coulisse qu'on a voulu produire par impression sur du papier, sont ici sans influence notable sur l'exactitude des nombres cherchés, et cela parce que ces déformations ne modifient pas, d'une manière appréciable, les positions relatives des traits de division de l'échelle trigonométrique et de celles en parties égales auxquelles la première est associée, et par suite la valeur des parties du rayon correspondantes aux lignes trigonométriques des angles donnés.

Déjà, en 1863, M. Péraux avait soumis au jugement de la Société l'une de ses règles, ou, pour mieux dire, le projet d'une règle à deux réglettes, longue de 0^m,135 portant repliées des échelles logarithmiques ayant une unité longue de 0^m,25. Cette règle, uniquement destinée aux calculs arithmétiques, pouvait donner, dans ces calculs, la même précision que la règle Mannheim, dite de 0^m,25. Elle était deux fois plus courte que celle-ci, mais aussi deux fois plus large.

Le rapport fait sur cette présentation, au nom du Comité des Arts mécaniques, faisait remarquer que « l'abandon de la simplicité et de l'uniformité de manœuvre de la règle ordinaire de 0^m,26 et de son échelle des racines carrées n'était pas racheté par l'avantage de restreindre la longueur de l'instrument, par les moyens que M. Péraux avait imaginés, qui en doublent la largeur ».

Votre Comité actuel des Arts mécaniques accepte ce jugement porté sur la règle de 0^m,125. Mais, considérant que la règle de 0^m,25 à deux réglettes, qui n'est ni encombrante, ni embarrassante, comme une règle Mannheim de 0^m,50, donne cependant, pour les calculs arithmétiques, autant de précision

que celle-ci, et qu'une règle à deux réglettes de 0^m,50 donne une précision double de celle de cette règle Mannheim de 0^m,50; considérant que cette exactitude des résultats peut satisfaire aux besoins de certains ingénieurs et industriels et leur faire accepter l'obligation d'apprendre la manœuvre un peu compliquée de la double réglette, et la sujétion de fausses manœuvres dans ce maniement; considérant encore que les additions faites, à sa règle primitive, d'échelles de parties égales et des carrés, et surtout des échelles des lignes trigonométriques naturelles, donnent à la règle Péraux le caractère d'une règle universelle, comme la règle ordinaire : pour ces motifs, le Comité des Arts mécaniques a l'honneur, Messieurs, de vous proposer de remercier M. Péraux de son intéressante communication, et d'ordonner l'impression, au *Bulletin* de la Société, du présent rapport, en l'accompagnant d'explications sur la manœuvre de la règle ainsi que d'une planche représentant les échelles comparatives des lignes trigonométriques naturelles et la représentation d'un fragment de la règle à deux réglettes.

Signé : Colonel GOULIER, rapporteur.

Approuvé en séance le 13 janvier 1893.

NOTE SUR L'EMPLOI DE LA RÈGLE A CALCUL DE M. PÉRAUX

La planche 87, représente la règle avec les réglettes séparées.

Au moyen de ces figures, il est facile de se rendre compte de la manœuvre des réglettes; il suffit pour cela de les découper et de les faire manœuvrer sur la règle fixe (1).

Les figures 1, 2 et 3, insérées dans le texte du Rapport et dans cette note représentent les trois types principaux des positions des réglettes.

Dans l'exemple cité plus haut (fig. 1), on a opéré en se servant des index des réglettes, mais on peut opérer encore en employant les index de la règle.

Soit à multiplier un ou plusieurs nombres par 2 (fig. 2). On amène le 2 de la réglette inférieure, tirée à droite sous l'index 10 de la règle. Cette réglette sortira moins de la coulisse que si l'on plaçait l'index 1 de la réglette supérieure au-dessous du 2 de la règle. Puis si l'on veut les produits des nombres qui ne sont plus en prise avec la réglette inférieure, on met la réglette supérieure

(1) On peut se procurer cette planche à part, chez M^{me} Tavernier Gravet, fabricant de règles à calculs, 49, rue Mayet, ainsi que l'instruction sur la règle de Péraux.

dans la position complémentaire en amenant le 2 de la réglette supérieure tirée à gauche sous l'index 1 de la règle.

On peut encore obtenir le même résultat, les deux réglettes étant tirées à droite, en amenant l'index 1 de la réglette supérieure sous le 2 de la règle, la réglette inférieure étant placée comme précédemment (fig. 2). En ce cas, une

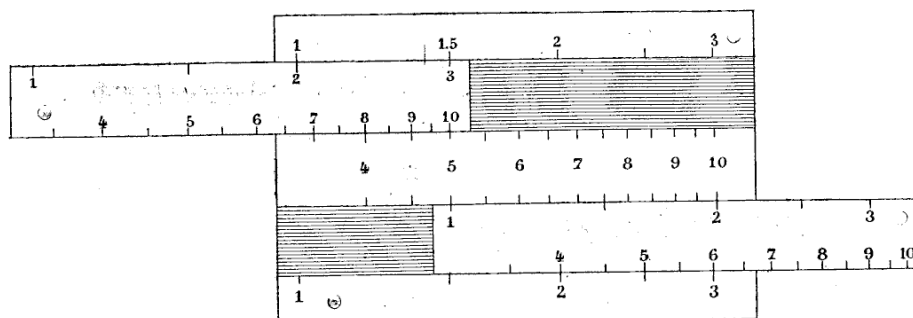


Fig. 2. — Deuxième exemple.

partie des produits sont lus sur la réglette inférieure et les autres produits sur la règle dans la partie en prise avec la réglette supérieure.

Il est certain cas, où le renversement des réglettes est avantageux. Soit le nombre 5 à diviser par une série de nombres (fig. 3). On sort les réglettes de

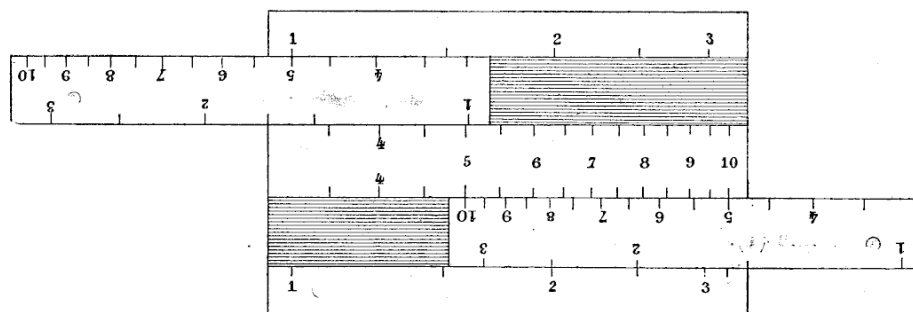


Fig. 3. — Troisième exemple.

la règle, et on les fait rentrer dans les coulisses de manière que les chiffres apparaissent renversés. Puis on amène soit les index 1 et 10 des réglettes en regard du 5 de la règle, soit le nombre 5 en regard des index 1 et 10 de la règle. Le nombre 5 se trouve ainsi indiqué par tous les index. Ce nombre 5 est aussi le produit de tous les couples de nombres qui se rencontrent sur la règle et sur les réglettes.