Quarante-unième année. — Tome LXXIX. — N° 1. N° 2029. Samedi 2 Juillet 1921.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE HEBDOMADAIRE DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Prix de l'abonnement par an. — Paris, Départements et Colonies: 70 francs; — Étranger: 85 francs. — **Le numéro : 2 francs.**

Administration et Rédaction : 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

MÉTALLURGIE

siblement augmenté. Elle a atteint pour la fonte, en 1916, le

REGLE LOGARITHMIQUE SYSTEME RIEGER

SCIENCE INDUSTRIELLE

RÈGLE LOGARITHMIQUE, SYSTÈME RIEGER,

pour le calcul des constructions en béton armé.

Tout bureau moderne où l'on doit faire des calculs doit être pourvu de machines à calculer ou d'autres moyens facilitant les opérations numériques. On emploie des machines à calculer pour les opérations arithmétiques, telles que : multiplication, division, etc., et on y exige une précision de plusieurs décimales (1).

Les problèmes spéciaux dont les ingénieurs s'occupent chaque jour doivent se résoudre par des moyens plus simples : la pratique a conduit à employer des règles logarithmiques. Les premières construites donnaient la solution des opérations arithmétiques simples : multiplication, division, élévation au carré, extraction de la racine carrée, etc.; ce n'est que plus tard qu'on construisit des règles spécialement destinées aux ingénieurs et appliquées aux calculs géodésiques, tachymétriques, électriques, à la construction des turbines, etc.

En même temps, on essayait de construire des règles logarithmiques à l'usage des constructeurs en béton armé, telles que les règles allemandes Janesch-Schnell et Lewe. Mais les auteurs de ces deux règles ne s'intéressaient qu'au simple problème d'une poutre de section rectangulaire à armature simple en tension, et ce problème n'était même pas résolu d'une façon absolument directe.

Nous nous proposons dans cette note de décrire une règle logarithmique destinée au calcul des efforts dans les poutres en béton armé, et permettant de résoudre le problème dans toute sa généralité, en l'appliquant aux sections rectangulaires à armature simple, aussi bien qu'aux sections en T (à nervure) armées, en tension et en compression. On y tient compte de toutes les variations auxquelles peuvent être soumises les données du problème et les inconnues à déterminer.

Le but principal de cette règle est la détermination des efforts normaux, mais elle comporte aussi des échelles qui facilitent la détermination des efforts de cisaillement. Une telle règle trouvera donc son application partout.

Comme cela est expliqué plus loin, pour se servir de la règle, on déplace la *réglette* mobile, de façon que le point correspondant au pourcentage du métal se trouve sous l'index (fil) du curseur, et on lit l'effort auquel est soumis le béton, au droit d'un certain point de la réglette (point de repère). L'effort du métal se détermine de la même manière par un autre déplacement de la réglette.

Cette manœuvre ne prend qu'une demi-minute à une minute, alors que le calcul ordinaire exige plus d'une demi-heure; mais ce n'est pas le seul avantage de cette règle.

La détermination des dimensions d'une poutre en béton armé se fait d'après les limites imposées pour les taux de fatigue du béton et du métal. Or, le calcul ordinaire ne peut fournir les résultats du premier coup : ou bien on dépasse les limites imposées, et on est alors obligé de reprendre le calcul; ou bien on arrive à des valeurs trop faibles, d'où résulterait un gaspillage des matériaux au point de vue économique.

Aucune autre méthode ne permet de tenir compte des nombreuses variations des limites de fatigue du béton et du fer, et il en résulte que, presque toujours, la tension du fer reste au-dessous de la valeur maximum permise. Or, le prix du fer ayant augmenté énormément, il faut en user très méthodiquement et le faire travailler toujours au taux maximum permis.

C'est là un problème très simple, quand on se sert de la règle en question : un seul mouvement de la réglette indiquera une section qui correspond aux taux de fatigue donnés, et l'on répétera cette opération autant de fois qu'on voudra, pour obtenir toute une série de solutions, parmi lesquelles l'œil d'un praticien exercé a vite fait de choisir la meilleure.

La règle est tout à fait indépendante des instructions relatives à l'emploi du béton armé dans les différents pays. Les résultats des calculs qui en constituent les échelles sont basés sur les hypothèses acceptées partout, c'est-à-dire qui admettent l'invariabilité des sections planes (hypothèse de Navier), envisagent le béton comprimé comme une matière homogène, et négligent le béton tendu. On peut donc employer la règle en France, en Angleterre, en Allemagne, au Japon, etc. ; son emploi n'est pas entravé par la variété des instructions relatives au béton armé dans ces divers pays.

En France, notamment, la règle permettra de profiter avantageusement de la grande latitude que ces instructions laissent à l'ingénieur. Le temps précieux ainsi économisé dans les recherches pourra être consacré utilement à d'autres travaux plus techniques : élaboration des calculs statiques, étude plus approfondie des propriétés intimes du béton armé, etc.

Dans son bureau, le praticien, muni de la règle, mettra rapidement sur pied quantité de projets de ponts, de fabriques, de maisons, etc., et cela le plus économiquement possible; sur le chantier, il pourra contrôler en quelques minutes les résistances, et faire au dernier moment les changements nécessaires, sans risquer de diminuer la sécurité des constructions.

Théorie et description de la règle. — La règle se compose (fig. 8) d'un tronc fixe, de deux réglettes mobiles et d'un curseur avec fil sur verre.

Le *tronc fixe* contient quelques divisions des valeurs auxiliaires comme :

1° La relation entre le pourcentage p et le rapport de l'ordonnée y de l'axe neutre à la hauteur $\alpha = \frac{y}{h}$, division indiquée p/α;

2° La relation entre le rapport $\alpha = \frac{y}{h}$, et le rapport $x = \frac{\mathcal{R}'_a}{\mathcal{R}_b}$, division indiquée x/α;

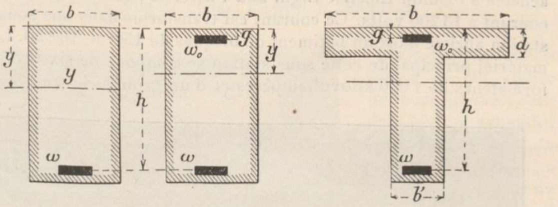

Fig. 1.

3° Des échelles logarithmiques ordinaires pour le calcul des opérations $\frac{M}{bh^2}$, $\frac{\omega}{bh}$ ..., etc. (fig. 1).

Sur les réglettes, des deux côtés, se trouvent des échelles groupées d'après un certain ordre, par exemple : sur le côté Ia,

$$\beta = \frac{b'}{b} = 1 \quad \text{(dalle)} \qquad \text{pour } \beta = \frac{1}{3} \quad \delta = \frac{d}{h} = 0{,}30$$

$$0{,}25$$
$$0{,}20$$
$$0{,}15$$
$$0{,}10$$

Il y a toujours une échelle pour le béton à gauche, et pour le fer à droite. De cette façon, les deux côtés des deux réglettes sont occupés par des échelles.

Une section, telle qu'on l'emploie généralement : dalle, section à nervure (fig. 1), chargée d'un moment extérieur $\mathcal{M}$, est soumise aux efforts :

1° du béton $$\mathcal{R}_b = \frac{\mathcal{M}y}{\mathcal{I}}$$

2° du fer $$\mathcal{R}'_a = m\,\frac{\mathcal{M}y'}{\mathcal{I}}$$

$\mathcal{I}$ étant le moment d'inertie et y la distance de l'élément considéré à l'axe neutre; les deux sont fonctions des dimensions de la section.

Il en résulte qu'il y a un grand avantage à considérer les dimensions b et h comme principales, les autres comme relatives (paramètres) et à écrire :

$\omega = pbh$, p, pourcentage de l'armature tendue

$\omega_0 = p_0 bh$ p_0 » » comprimée

$$b' = \beta b,$$
$$d = \delta h.$$

(1) Voir, au sujet de ces machines, deux articles parus dans le *Génie Civil* du 21 août 1920 (t. LXXVII, n° 8) et du 26 février 1921 (t. LXXVIII, n° 9).

Les valeurs y et $\mathcal{I}$ étant des fonctions des dimensions :

$$b,\ h,\ p,\ p_o,\ \delta,\ \beta,$$

on a aussi :

$$\frac{\mathcal{I}}{y} = bh^2\,\varphi\,(p,\ p_o,\ \delta,\ \beta),$$

$$\frac{\mathcal{I}}{my'} = bh^2\,\varphi_1\,(p,\ p_o,\ \beta,\ \delta).$$

Si l'on pose alors :

$$\mu = \frac{\mathfrak{M}}{bh^2} = \text{le « moment réduit »},$$

on aura :

$$\mathcal{R}_b = \frac{\mathfrak{M}}{\dfrac{\mathcal{I}}{y}} = \frac{\mu}{\rho_b}$$

$$\mathcal{R}'_a = \frac{\mathfrak{M}}{\dfrac{\mathcal{I}}{my'}} = \frac{\mu}{\rho_f}$$

ρ_b, ρ_f peuvent être dénommés : « modules de résistance réduits » du béton et du fer. On aura donc les fatigues du béton ou du fer par le rapport du « moment réduit » au « module réduit ».

Une telle division se fait facilement sur une règle logarithmique, par soustraction des logarithmes de μ et de ρ.

Les logarithmes de μ se trouvent sur la partie fixe de la règle, les logarithmes de ρ sur la partie mobile (réglette).

En principe, il faudrait autant d'échelles qu'il y a de sections, c'est-à-dire une quantité infinie.

Une analyse plus précise permet d'échelonner les paramètres δ et β, ainsi que p_o, d'après un certain système, et il en résulte les divisions représentées sur la règle (1).

On trouve la fatigue du béton en fixant la valeur de μ sur la partie extérieure de la règle par le fil du curseur; on choisit sur la réglette l'échelle correspondant aux paramètres β, δ, p qu'on a d'abord déterminés, et l'on fait mouvoir la réglette de telle façon que le point du pourcentage p de l'échelle ainsi choisie se trouve au-dessous du fil du curseur : le point de repère ♁ indique la fatigue du béton sur la division fixe.

Par une opération semblable, on trouve l'effort du fer.

Exemples. — 1° Une dalle de plancher de 3m15 de portée et supportant 880 kilogr. par mètre de longueur, est soumise en son milieu au moment :

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{8} \times 880 \times 315^2 = 109\,147{,}5^{\text{kgcm}}.$$

En se servant de notre règle comme d'une règle ordinaire, on trouverait $\mathfrak{M} = 1\,090^{\text{kgm}} = 109\,000^{\text{kgcm}}$.

Avec les dimensions données figure 2 : $b = 100^{\text{cm}}$; $h = 13^{\text{cm}}$; $\omega = 10{,}18^{\text{cm}^2}$, trouver le travail du béton et de l'armature.

On commence par déterminer avec la règle :

$$\mu = \frac{\mathfrak{M}}{bh^2} = \frac{109\,147{,}5}{100 \times 13^2} = 6{,}45,$$

$$p = \frac{10{,}18}{100 \times 13} = 0{,}783\ \%,$$

ensuite, on amène le fil du curseur sur la cote $\mu = 6{,}45$, et on fait mouvoir la réglette de telle façon que le point $p = 0{,}783$ de la dalle ($\beta = 1$, première à gauche) se trouve sous le fil, puis on lit au droit du point de repère ♁ sur la division fixe (échelle logarithmique) :

$$\mathcal{R}_b = 38^{\text{kg}}8 \text{ par centimètre carré (fig. 4).}$$

Pour obtenir l'effort R'_a, il faut employer l'échelle correspondant au métal qui est à droite de la première, et on obtient de la même façon :

$$\mathcal{R}'_a = 945 \text{ kilogr. par centimètre carré (fig. 5).}$$

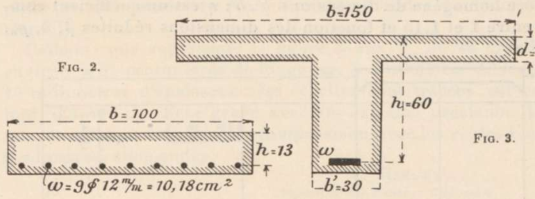

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 2 et 3.

2° Trouver le travail du béton et du métal, avec une section (fig. 3) aux dimensions : $b = 150$; $h = 60$; $b' = 30$; $d = 12$, $\omega = 72$ centimètres carrés, soumise sous l'action des forces extérieures à un moment :

$$\mathfrak{M} = 3\,780\,000 \text{ kilogr.} \times \text{centimètre.}$$

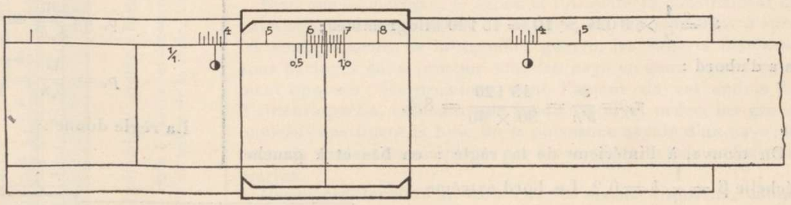

Fig. 4.

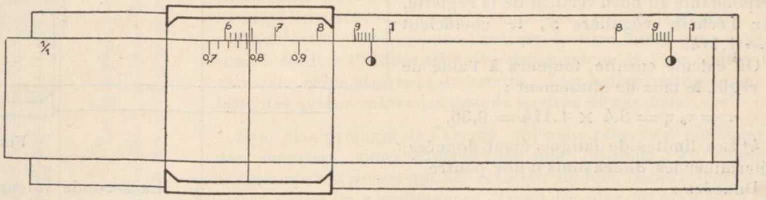

Fig. 5.

On trouve d'abord :

$$\mu = \frac{\mathfrak{M}}{bh^2} \times \frac{3\,780\,000}{150 \times 60^2} = 7$$

$$p = \frac{\omega}{bh} = \frac{72}{150 \times 60} = 0{,}8\ \%$$

$$\beta = \frac{b'}{b} = \frac{30}{150} = \frac{1}{5} \qquad \delta = \frac{d}{h} = \frac{12}{60} = 0{,}2.$$

On prend l'échelle du groupe $\beta = \frac{1}{5}$ pour $\delta = 0{,}2$; on place le fil du curseur sur la cote $\mu = 7$ de l'échelle fixe; on fait mouvoir la réglette de telle façon, que la cote de $p = 0{,}8$ de la division choisie ($\beta = \frac{1}{5}$; $\delta = 0{,}2$) se trouve sous le fil du curseur, et on lit au droit du point de repère ♁ :

$$\mathcal{R}_b = 47^{\text{kg}}5 \text{ par centimètre carré.}$$

Ensuite, on déplace de nouveau la réglette, afin que la cote de 0,8 % de l'échelle du fer, se trouve au-dessous du fil du curseur (qui n'a pas changé de place), et on lit, au droit du même point de repère ♁ :

$$\mathcal{R}'_a = 975 \text{ kilogr. par centimètre carré.}$$

(1) Echelonnements pour $\beta = 1/3,\ 1/4,\ 1/5,\ 1/6,\ 1/8$.
— — $\delta = 0{,}3,\ 0{,}25,\ 0{,}2,\ 0{,}15,\ 0{,}1$.
— — $p_o = 0{,}3,\ 1,\ 0{,}5$ et 1.

Par le même procédé, on détermine les efforts d'une section en T avec l'armature en compression; on trouvera sur la règle l'échelle correspondant aux paramètres β, δ et p_o.

3° *Détermination des efforts de cisaillement.*

Pour une section quelconque, l'effort de cisaillement a pour expression :

$$\tau = \tau_o \eta,$$

τ_o étant l'effort de cisaillement correspondant à une section de matière homogène de dimensions b', h ; η est un coefficient compris entre 1 et 1,15 et fonction des dimensions réduites β, δ, p_o.

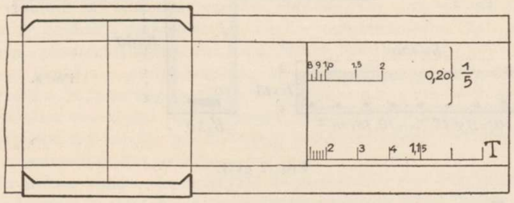

Fig. 6.

Les échelles de cisaillement se trouvent à l'intérieur de la règle.

Reprenons le deuxième exemple. L'effort tranchant a pour valeur :

$$\mathcal{F} = \frac{1}{2} \times 3024 \times 10 = 15\,120 \text{ kilogrammes;}$$

on a d'abord :

$$\tau_o = \frac{\mathcal{F}}{b'h} = \frac{15\,120}{30 \times 60} = 8,4.$$

On trouve, à l'intérieur de la règle : en bas et à gauche, l'échelle $\beta = \frac{1}{5}$, $\delta = 0,2$. Le bord extrême de la réglette étant amené sur la cote $p = 0,8$ de cette échelle (fig. 6), on lit la cote correspondante au bord vertical de la réglette, sur l'échelle régulière $\mathcal{F}$, le coefficient $\eta = 1,114$.

On calcule ensuite, toujours à l'aide de la règle, le taux de glissement :

$$\tau = \tau_o . \eta = 8,4 \times 1,114 = 9,36.$$

4° Les limites de fatigue étant données, déterminer les dimensions d'une poutre.

Données :

$\mathcal{R}'_a = 1\,200$ kilogr. $\mathcal{R}_b = 40$ kilogr. par centimètre carré, $\mathcal{M} = 1\,000\,000$ $b = 100$ centimètres. On cherche h et ω.

Les limites de travail $\mathcal{R}'_a$ et $\mathcal{R}_b$ étant données, on trouve le moment réduit μ_e correspondant à l'aide de la relation

$$\mu_e = \mathcal{R}_b . \rho_b,$$

où ρ_b est exprimé par une fonction du quotient $K = \frac{\mathcal{R}'_a}{\mathcal{R}_b}$; on trouve la solution relative à une section rectangulaire à armature simple, à l'aide d'une échelle tracée à droite de l'échelle pour l'effort du fer de la dalle ($\beta = 1$).

Le quotient $\frac{\mathcal{R}'_a}{\mathcal{R}_b} = \frac{1\,200}{40} = 30$ se détermine à l'aide des échelles logarithmiques ordinaires sur le tronc fixe et la réglette.

On met le repère ◐ de la réglette au droit de la cote $\mathcal{R}_b$ de l'échelle fixe, on pousse le curseur jusqu'à ce que le fil passe par la cote K (30) de l'échelle μ_e, et on lit sous le fil la division fixe $\mu_e = 5,93$ (fig. 7).

On trouve ensuite, par le procédé déjà décrit plus haut, la valeur de p, et enfin, on calcule la hauteur économique :

$$h_e = \sqrt{\frac{\mathcal{M}}{b.\mu_e}} = \sqrt{\frac{1\,000\,000}{100.5,93}} = 41,06 \text{ centimètres.}$$

Bientôt, il existera une réglette supplémentaire avec les échelles μ_e pour les sections en T.

Dans les exemples précédents, choisis pour expliquer l'usage de la règle, les quotients β et δ correspondent à des paramètres lus directement sur la règle ; ce n'est pas le cas général et on doit faire souvent des interpolations.

L'interpolation en δ se fait directement sur la règle ; l'interpolation en β se fait par une double manœuvre.

Si, par exemple, $\beta = \frac{1}{4,5}$, on cherche les valeurs correspondant à $\beta = \frac{1}{4}$ et $\beta = \frac{1}{5}$ et on fait l'interpolation entre les résultats partiels obtenus. Cette interpolation en β est très souvent superflue, comme l'indique l'instruction sur l'emploi de la règle.

Remarque importante. — Les divisions de la règle résultent de calculs précis, où on a admis le quotient $m = 15$ comme constant.

Le règlement français admet que ce coefficient peut varier de 8 à 15. On peut facilement faire le changement nécessaire, en appliquant une valeur quelconque de m (1). Il suffit de se rappeler que m est une caractéristique du béton comprimé, ce qu'on peut exprimer d'une autre façon par la largeur b.

Si l'on admet $m = 10$, au lieu de 15, cela revient à prendre $b_o = 1,5\ b$ au lieu de b. Admettre, comme en Suisse, $m = 20$ au lieu de 10, revient à prendre $b_1 = \frac{15}{20}\ b$. Il suffira de changer en conséquence les valeurs de μ et de p.

Exemple :

$$\mu_o = \frac{\mathcal{M}}{b_o h^2} = \frac{\mathcal{M}}{1,5\, bh^2} = \frac{\mu}{1,5} = \frac{6.45}{1,5} = 4,3$$

$$p_o = \frac{\omega}{b_o h} = \frac{\omega}{1,5\, bh} = \frac{p}{1,5} = \frac{0,783}{1,5} = 0,522.$$

La règle donne : $\mathcal{R}'_a = 925$,
$\mathcal{R}_b = 29,7$.

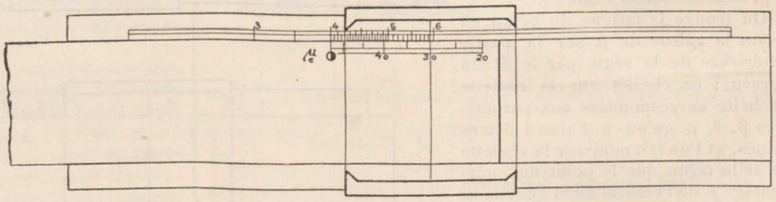

Fig. 7.

La seconde valeur est définitive ; quant à la première, il faut faire la réduction aux dispositions définitives, c'est-à-dire revenir à la largeur b, et on trouve :

$$\mathcal{R}_b = \mathcal{R}_{ob} \times 1,5 = 29,7 \times 1,5 = 44,5.$$

De la même façon, on aurait pour $m = 20$:

$$\mu_1 = \frac{\mathcal{M}}{b_1 h^2} = \frac{\mathcal{M}}{\frac{3}{4} bh^2} = \frac{4}{3}\mu = 6,45 \times \frac{4}{3} = 8,61$$

$$p_1 = \frac{\omega}{b_1 h} = \frac{\omega}{\frac{3}{4} bh} = \frac{4}{3} . p = 0,783 . \frac{4}{3} = 1,04.$$

On obtiendrait les efforts, par la règle :

$$\mathcal{R}'_a = 960$$
$$\mathcal{R}'_b = 47,2$$

et définitivement :

$$\mathcal{R}_b = 47,2 \times \frac{15}{20} = 34,6$$
$$\mathcal{R}'_a = 960.$$

(1) Indiqué par M. Mesnager, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut, dans sa préface à notre article (*Génie Civil* du 7 mars 1908, t. LII, n° 19, p. 323) : « Détermination graphique des efforts dans une poutre en matière hétérogène et plus spécialement en béton armé ».

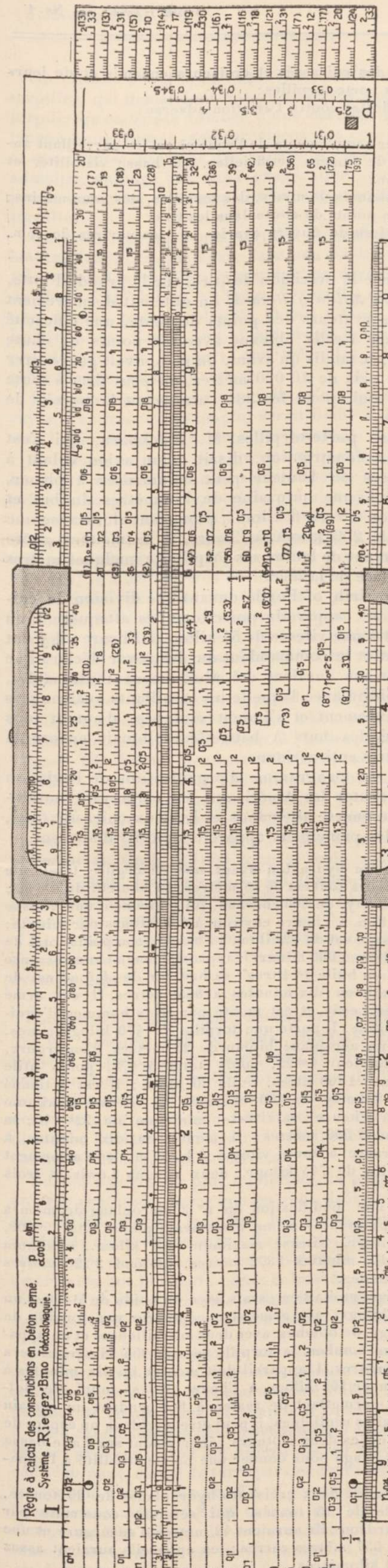

Fig. 8. — Vue de la règle à calcul logarithmique, système Rieger.

Dans la position représentée sur la figure, la réglette mobile Ia, antérieure, déborde la règle à gauche, et découvre à droite des abaques relatifs à la flexion composée.

La réglette mobile IIa, postérieure, déborde la règle à droite; le curseur est placé un peu à droite du milieu de la règle, à cheval sur les deux échelles : béton à gauche et métal à droite.

La détermination des efforts normaux et des efforts de cisaillement est le but principal de la règle. Pour la rendre universelle, on lui a ajouté des échelles pour la compression simple, le béton fretté et la flexion composée. L'emploi de ces échelles est très simple et très clair ; on n'a qu'à suivre les opérations indiquées par les formules, comme, par exemple :

$$\frac{P}{\Omega_b\,(1 + mp)} = \mathcal{R}_b.$$

Pour les détails, on se reportera à l'instruction jointe à la règle et qui permettra d'en bien comprendre le fonctionnement [1].

Celle-ci, que représente la figure 8 aux $^9/_{10}$ de sa grandeur, environ, a 31 centimètres de longueur, 8 centimètres de largeur, 15 millimètres d'épaisseur ; les échelles sont tracées sur celluloïd, d'après un cliché gravé avec une extrême précision. L'ensemble soutient largement la comparaison avec les règles à calcul (ordinaires) allemandes.

J. Rieger,
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Professeur du cours de béton armé à l'École polytechnique de Brno (Brünn), en Tchécoslovaquie.

ART MILITAIRE

LE ROLE FUTUR DE L'AVIATION DANS LA GUERRE NAVALE

Bien que l'Amérique, le Japon et l'Angleterre construisent des cuirassés et des croiseurs de bataille, en les modifiant d'après les enseignements de la dernière guerre, les experts maritimes sont partagés dans presque tous les pays en deux camps nettement opposés : les premiers, dont l'auteur de cet article fait d'ailleurs partie, estimant que jusqu'à nouvel ordre, les grands navires constituent la base de la puissance navale d'un pays; les seconds voulant les remplacer par les services de l'air ou les sous-marins.

Parmi ces derniers se trouvent des marins éminents, comme l'amiral Fisher, l'amiral Percy-Scott et d'autres; mais, parmi les premiers, se sont rangés tous les chefs qui ont joué un rôle personnel actif pendant la guerre : l'amiral Beatty, l'amiral Jellicoe, l'amiral Von Schéer, l'amiral Sims et les amiraux japonais.

Dans cette étude, comme l'indique le titre, nous nous bornerons à étudier l'action offensive des services de l'air contre les cuirassés et les croiseurs de bataille, c'est-à-dire pratiquement la lutte des avions contre les grands navires de combat.

Sans rien préjuger de l'avenir, qui nous réserve probablement des surprises, nous constaterons que, jusqu'ici, les attaques aériennes n'ont donné que des résultats de bien faible importance, même quand les circonstances étaient les plus favorables. C'est ainsi que le croiseur allemand *Gœben* a subi de la part des avions anglais plus de 200 attaques, alors qu'il était échoué (donc immobile), sans dommages appréciables, puisqu'il a pu rentrer ensuite à Constantinople par ses propres moyens.

On cite cependant le cas de deux destroyers allemands qui furent coulés à Zeebrugge par des bombes de 104 kilogr., et celui d'un transport turc, coulé dans la mer de Marmara par un avion porte-torpilles. A notre avis, ce type d'appareil, avec les avions porteurs de liquides corrosifs, liquides à émanations mortelles comme la « lewisite » dont il sera question plus loin, représentent les engins les plus dangereux de l'avenir.

Les Allemands se sont servis de l'avion porte-torpilles, mais n'ont réussi qu'à couler deux petits navires de commerce; au moment de l'armistice, on était parvenu à les mettre au point en Angleterre, et les navires porte-avions anglais devaient prononcer une attaque avec ces engins contre la Hochseeflotte (la flotte de haute mer), mouillée dans les estuaires allemands.

Le poids des bombes d'avions a été sérieusement augmenté, et l'une des dernières, en essais en octobre 1918, pesait 1 500 kilogrammes.

Bien que le secret le plus absolu ait été gardé en Angleterre au sujet des tirs de combat exécutés sur le cuirassé neuf allemand *Baden*, de 28 500 tonnes, dont la protection défensive est

(1) Cette notice est rédigée en français, en anglais, en tchèque, en espéranto. Le nombre des exemplaires de cette première édition de la règle est très limité; on peut s'en procurer chez l'inventeur, à Brno (Brünn), au prix de 500 francs.