

# Les nouveaux règlements allemands relatifs aux ouvrages en béton

Par FERNAND CAMPUS,  
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE



**P**AR arrêté du 9 septembre 1925, le ministre prussien de l'Assistance publique a mis en vigueur les nouveaux règlements rédigés par la Commission allemande du béton armé <sup>(1)</sup>. Sauf peut-être en ce qui concerne certaines prescriptions accessoires propres à certains Etats, on peut considérer que les nouveaux règlements sont applicables dans toute l'Allemagne. Ils comportent :

- 1° Les prescriptions relatives à l'exécution des ouvrages en béton armé;
- 2° Les prescriptions relatives à l'exécution des planchers en pierres;
- 3° Les prescriptions relatives à l'exécution des ouvrages en béton;
- 4° Les prescriptions relatives aux essais de compression sur éprouvettes cubiques dans l'exécution des ouvrages en béton ou béton armé.

Ceux qui sont numérotés 1, 3 et 4 sont établis sur le même plan que les règlements correspondants de 1916, dont ils ne constituent en somme

(1) Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. Septembre 1925, Ed. W. Ernst et fils, Berlin.

qu'une réédition revue, mise à jour et augmentée. Le règlement relatif à l'exécution des planchers en pierres est neuf sous cette forme; il n'est cependant que le développement de la circulaire du 23 novembre 1918 du Commissaire d'Etat prussien pour le logement.

Ces règlements ont un caractère administratif; ils ne s'appliquent pas seulement aux ouvrages exécutés par les administrations publiques, mais les autorités de police veillent à ce qu'ils soient respectés dans les constructions privées. Leur rédaction est confiée à la Commission allemande du béton armé, qui est composée de sommités choisies en raison de leur compétence. L'arrêté ministériel précité insiste sur ce point et fait observer que des prescriptions établies avec tant de soin sont à considérer comme règles de l'art.

Ceci n'empêche pas que la critique puisse s'exprimer par les revues techniques. Certains points des règlements précédents ont été contestés; on constate qu'il en a été tenu compte dans la nouvelle rédaction. Dans l'ensemble, le règlement constitue une mise au point consciencieuse des notions essentielles relatives aux ouvrages considérés.

Il peut être intéressant pour les spécialistes de

langue française de connaître les principales nouveautés des prescriptions allemandes. Une analyse complète serait trop longue; pour de plus amples détails, je renvoie les lecteurs au règlement même, dont il n'existe probablement pas de traduction française. L'examen des modifications apportées à l'édition de 1916 montre en quelque sorte l'évolution des méthodes allemandes dans l'espace des dix dernières années et la manière dont elles tiennent compte des progrès les plus récents, qui ont trait surtout à la qualité des matériaux. C'est probablement le premier règlement qui s'assimile ces progrès et il peut donc être considéré comme leur mise au point en ce qui concerne l'Allemagne.

### **I. — Prescriptions relatives à l'exécution des ouvrages en béton armé.**

Elles diffèrent de l'édition antérieure par les points suivants :

1° L'usage d'un béton généralement plus mou est envisagé, le béton fluide n'est pas proscrit, des dispositions correspondantes règlent les essais de résistance et les taux de travail autorisés;

2° Il n'est plus fait de distinction entre la nature des ciments;

3° L'usage des ciments spéciaux (alumineux, superciments) et d'aciers spéciaux (St. 48) est prévu;

4° Les prescriptions sont applicables aux pièces en béton armé moulées d'avance;

5° Les prescriptions relatives aux coffrages, au décoffrage, aux précautions à prendre par temps de gel et aux charges d'épreuve sont précisées dans le sens d'une grande prudence;

6° Les règles relatives aux dimensions et aux calculs des sollicitations externes et internes sont considérablement remaniées et développées; les modifications se rapportent surtout aux dalles, notamment à armatures croisées, et aux planchers du système américain dit mushroom (en allemand, Pilsdecken, ou planchers à champignons);

7° Les contraintes pratiques sont modifiées et exprimées dans certains cas en fonction des résistances à la rupture; la question du flambage est traitée par l'emploi d'une table de coefficients de

flambage et la contrainte du béton à l'extension des pièces comprimées excentriquement est augmentée;

8° L'emploi de la gunite est subordonnée à des autorisations spéciales.

Nous examinerons ces points d'une manière plus détaillée ci-après. Le § 5, qui traite des matériaux composant le béton, ne contient plus que le terme générique *ciment*, qui s'applique au ciment Portland artificiel (Portlandzement), au ciment de laitier portland (Eisenportlandzement) et au ciment de laitier (Hochofenzement). Ces deux dernières dénominations sont différentes de celles qui sont usitées en Belgique.

Le ciment de laitier portland est un mélange intime et finement broyé d'au moins 70 % de ciment portland artificiel et de moins de 30 % de laitier granulé.

Le ciment de laitier est un mélange intime et finement broyé d'au moins 15 % de ciment portland artificiel et de laitier basique granulé. Ils doivent satisfaire à des spécifications administratives bien définies (respectivement de 1909-10 et 1917).

Le règlement antérieur n'admettait que le ciment portland et le ciment de laitier portland pour la confection du béton armé; les dispositions spéciales bavaroises admettaient le ciment de laitier à titre d'essai. Les nouvelles prescriptions reconnaissent tous les produits répondant aux spécifications relatives aux ciments précités et auxquels s'applique le terme générique de ciment, à l'exclusion d'autres produits, tels que le mélange de chaux et de laitier, etc.

Sont prévus en outre les superciments, dont les essais se font provisoirement d'après les mêmes règles que pour les ciments ordinaires, en attendant la publication de prescriptions spéciales. Toutefois, le poids de l'eau de gâchage doit être d'environ 8 % du mélange sec (moins qu'avec les ciments ordinaires). Sont qualifiés superciments ceux dont les essais donnent dans ces conditions les résultats suivants :

Après 3 jours (1 jour dans l'air humide, 2 jours dans l'eau) :

Résistance à la compression. 250 kg/cm<sup>2</sup>;

Résistance à la traction . 25 kg/cm<sup>2</sup>;

Après 28 jours (1 jour dans l'air humide, 6 jours dans l'eau, le reste à l'air) :

Résistance à la compression. 450 kg/cm<sup>2</sup>;

Résistance à la traction . 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Les spécifications relatives aux matières d'agrégation sont développées; elles sont devenues identiques à celles de 1916 des prescriptions relatives à l'exécution des ouvrages en béton, qui n'ont pas été modifiées. Les poussières de pierres dures, les sables de laitier et de pierre ponce sont autorisés; toutefois les matières d'agrégation doivent être au moins aussi dures que le mortier qui les agglomère. Pour les constructions dites incombustibles, tous les composants doivent résister au feu.

Pour l'acier ordinaire, les nouvelles prescriptions de la Commission de normalisation de l'industrie allemande sont applicables (D.I.N. 1000, acier de construction ordinaire St. 37, résistance minimum 3700 kg/cm<sup>2</sup>, allongement > 20 %). Les essais doivent être faits sur les barres telles qu'elles sont mises en œuvre; en chantier, c'est surtout l'essai de pliage à froid.

L'acier spécial St. 48 (nouvel acier de construction allemand, à haute teneur en carbone et cependant ductile) doit avoir une résistance comprise entre 4800 et 5800 kg/cm<sup>2</sup> et un allongement d'au moins 18 %.

Dans le § 6, qui traite de la confection du béton, il a été ajouté que la quantité minimum de ciment doit être en principe de 300 kg. par m<sup>3</sup> de béton; une plus forte proportion peut être exigée pour les ponts et autres ouvrages très fatigués et une réduction peut être autorisée pour les gros massifs peu contraints. Pour les bâtiments, notamment, lorsque l'humidité est peu à craindre, la quantité minimum peut être abaissée à 270 kg/m<sup>3</sup>, à condition que les constituants soient choisis de telle sorte que le béton soit bien compact. La confection mécanique est imposée pour les grands travaux.

Les essais de résistance du béton doivent être faits sous deux formes, après 28 jours de durcissement (l'essai après 45 jours est abandonné) :

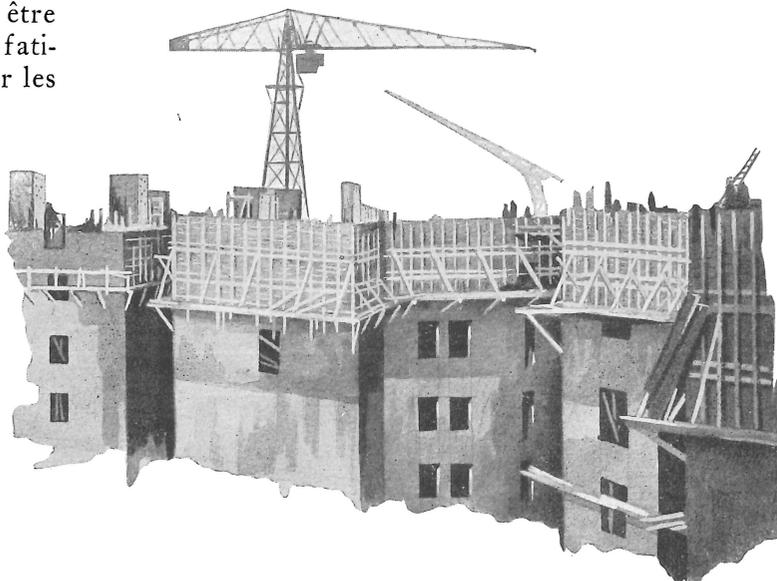
1° Le béton étant à l'état plastique peu humide, selon le dosage prévu pour la

construction, donne le coefficient  $W_e$  (l'indice signifie *erdfucht*);

2° Le béton étant de la même composition et de la même consistance que celui mis en œuvre donne le coefficient  $W_b$  (l'indice signifie *baufucht*).

Nous constaterons plus loin la proportion numérique maximum prévue entre ces deux coefficients. Il est évident *a priori* que  $W_b < W_e$ . Cette distinction nouvelle est très utile, comme le faisait observer récemment Mr. von Emperger (Zur Frage des Ausrüstens von Dreigelenkbogen aus Beton. *Die Bautechnik*, n° 4, du 22-1-26).

On observe souvent que les éprouvettes formées sur le chantier donnent aux essais de compression, même effectués dans la direction du damage, des résultats très inférieurs à ceux que l'on obtient avec les cubes confectionnés d'après les prescriptions d'essais de laboratoires (constituants triés et propres, mélange soigné à sec, béton plastique peu humide, bon damage, etc.). Cependant, c'est généralement d'après les résultats de ces essais normalisés que l'on détermine les contraintes pratiques, en adoptant un certain coefficient de sécurité. Dans la réalité, la sécurité peut être sensiblement inférieure à celle qu'exprime le coefficient. Il est évident que l'on ne peut pas inférer d'essais faits au laboratoire, avant la construction et dans des conditions normalisées, quelle sera la résistance du béton réellement mis en œuvre. Seuls, les essais sur le béton effective-



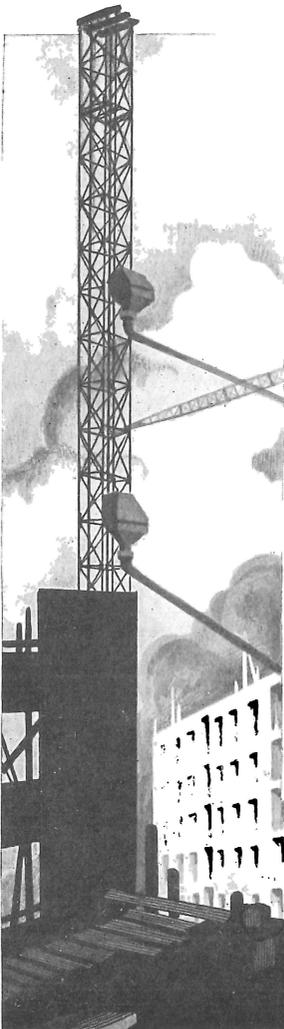


ment employé peuvent donner des renseignements exacts, mais, malheureusement, alors que la construction est déjà terminée et durcie.  $W_e$  reste donc le moyen d'investigation obligatoire pour l'établissement des projets. Mais, outre qu'il est toujours très intéressant de rechercher en cours d'exécution les valeurs du rapport  $\frac{W_b}{W_c}$ , la notion

$W_b$  est des plus utiles pour rappeler au débutant et au constructeur occasionnel de béton armé que l'on ne peut attribuer au coefficient de sécurité pour le béton le même degré de confiance qu'à celui de l'acier, par exemple.

On peut rapprocher cette innovation de la disposition de l'article 6 des Instructions relatives aux ouvrages en béton armé publiées par l'Association belge de Standardisation, qui fixe que les

calculs seront faits en tenant compte de la résistance offerte par le béton au moment de la mise en service. Elle semble moins pratique d'application. Considérée strictement, elle exigerait que l'on dispose d'éprouvettes confectionnées en même temps que l'élément de construction envisagé, au moyen du même béton, dans les mêmes conditions et ayant fait prise dans les mêmes circonstances, et qu'elles soient éprouvées au moment de la mise en service de l'élément considéré. Le règlement allemand envisage simplement l'essai après 28 jours du béton prélevé sur le chantier.



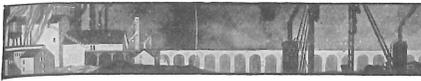
Des travaux récents, notamment de l'ingénieur suisse M. J. Bolomey, concluent à la possibilité de prédéterminer  $W_b$  d'après la consistance du béton. Le règlement allemand réserve la question jusqu'à ce qu'elle soit au point.

Le nouveau § 7 (mise en place du béton) ne se distingue de l'ancien que par l'obligation plus explicite d'employer un béton assez mou pour assurer l'enrobage certain de l'armature. L'emploi de la gunite est subordonné à une autorisation spéciale; il semble donc que les auteurs du règlement observent une attitude réservée à l'égard du procédé de mise en œuvre du béton par l'air comprimé.

Le § 8 (bétonnage par temps de gel) est tout à fait modifié et détaillé avec précision. Des précautions spéciales sont à prendre dès que la température est inférieure à 0°. Jusqu'à -3°, il est permis de bétonner en s'assurant que les matériaux ne sont pas gelés et en chauffant l'eau en cas de besoin. Le béton doit être couvert pour le protéger du gel pendant la prise. En dessous de -3°, on ne peut bétonner qu'exceptionnellement. Les matériaux et l'eau doivent être chauffés, l'ouvrage entouré d'une enceinte chauffée jusqu'à ce que le béton soit durci, en évitant toutefois que le chauffage n'enlève au béton l'eau nécessaire à la prise et au durcissement. Les parties gelées doivent être démolies; on ne peut faire de reprises sur du béton gelé. Comme il n'est pas fait mention de l'addition de sels ou autres produits dans l'eau de gâchage pour en abaisser le point de congélation, on peut en conclure qu'elle n'est pas autorisée.

Le § 9 (mise en place des armatures) est inchangé dans les alinéas conservés, mais un grand nombre d'entre eux ont été transférés dans le nouveau § 14 (principes de construction).

Le § 10 (confection des coffrages) subit quelques modifications. L'attention est attirée sur la nécessité d'assurer une résistance suffisante du coffrage si l'on emploie du béton fluide et de tenir compte aussi, dans ce cas, du gonflement du bois par absorption d'eau. Pour le reste, les prescriptions relatives aux étais sont légèrement développées, surtout en ce qui concerne leur appui sur le sol et leur superposition exacte dans les constructions à étages. Pour les constructions importantes, des calculs de stabilité des coffrages



et étais sont dorénavant exigés; ils doivent être établis d'après les mêmes règles que pour les constructions permanentes. La disposition concernant les étais de sûreté, qui sont maintenus pendant un certain temps après le décoffrage des pièces, est conservée sans modification. Cette pratique semble particulière à l'Allemagne.

Le § 11 (décoffrage et délais de décintrement) a été modifié dans le même sens que le précédent. Un tableau plus détaillé des délais a été ajouté. Il tient compte des éléments divers du coffrage, de la nature de l'ouvrage et de la qualité du ciment; il est reproduit ci-après :

Nature du ciment.	Coffrage latéral des poutres et coffrage des colonnes ou piliers.	Coffrage des dalles de planchers.	Etais de poutres et de dalles de grande portée.
Ciment ordinaire	au moins 3 jours	8 jours	3 semaines
Superciment	» 2 »	4 jours	8 jours

Ces délais peuvent être doublés en cas de dimensions exceptionnelles. Ils ne valent que si la température n'a pas été inférieure à + 5°. Par temps froid (température inférieure à + 5°) le durcissement est moins rapide et les délais doivent être prolongés le cas échéant. Par temps de gel, les délais doivent toujours être prolongés de la durée du gel et éventuellement davantage; la plus grande prudence est de rigueur.

Les étais de sûreté doivent être maintenus pendant 14 jours s'il s'agit de béton de ciment ordinaire, pendant 8 jours s'il s'agit de superciment. En cas de gel, cette période doit être prolongée de la durée du gel. L'ancien règlement ne permettait pas d'utiliser les planchers avant quatre jours de décintrement complet et pendant les 14 premiers jours seulement moyennant des précautions spéciales (madriers de circulation). Cette disposition est tempérée; la nouvelle rédaction recommande la prudence s'il n'est pas possible d'éviter l'utilisation du plancher aussitôt après le décoffrage.

Le § 12 (essais en cours d'exécution et charges d'épreuve) est peu modifié. Les épreuves des planchers en superciment peuvent avoir lieu après un délai de 21 à 28 jours, au lieu de 45 jours lorsqu'il s'agit de ciment ordinaire. Les ponts et autres ouvrages importants ne peuvent subir les

épreuves qu'assez longtemps après le décintrement (un délai précis n'est pas indiqué). La durée minimum d'application des charges est réduite de 12 à 6 heures.

En résumé, on peut dire que les nouveaux rédacteurs ont remanié les paragraphes 8, 10, 11 et 12 en recherchant plus de précision et en s'inspirant d'une grande prudence. On y dénote l'influence des études faites dans divers pays, notamment en Amérique, sur le bétonnage par temps de gel, et aussi des résultats d'enquêtes sur les accidents qui se sont produits au cours des dix dernières années, tant à l'étranger qu'en Allemagne, où ils font l'objet de rapports de la Commission du béton armé, qui sont publiés.

Les paragraphes qui viennent d'être examinés constituent la première partie intitulée « Prescriptions générales ». La seconde partie, dénommée « Principes de construction et directives pour les calculs de stabilité » débute par un § 14 tout nouveau, intitulé « Principes de construction ». Le texte n'est pas entièrement neuf, il comporte quelques alinéas, parfois modifiés, repris des §§ 9, 16 et 17.

Un passage nouveau traite des joints d'armatures. Il faut éviter les joints dans les armatures tendues; il ne peut en aucun cas y avoir plus d'un joint de barre dans une section transversale d'une poutre ou membrure tendue. L'assemblage par tendeur à vis est considéré comme parfait. Les joints soudés sont admis; ils doivent être confectionnés d'après un procédé éprouvé et doublés de fers de sûreté bien enrobés et terminés par des crochets.

La longueur d'un assemblage par recouvrement doit être de 40 diamètres au moins et les extrémités doivent être contiguës et terminées par des crochets. Ce genre de joint n'est pas autorisé dans les membrures tendues, ni dans les poutres, lorsque le diamètre des barres est supérieur à 20 mm.

Il est intéressant de remarquer à ce propos que les Instructions relatives aux ouvrages en béton armé de l'Association belge de Standardisation proscrivent en principe et strictement l'assemblage soudé (article 19); la réserve « sauf stipulation contraire » ne s'allie guère au contexte. Cette interdiction paraît trop rigoureuse, surtout depuis que la soudure électrique par rapproche-

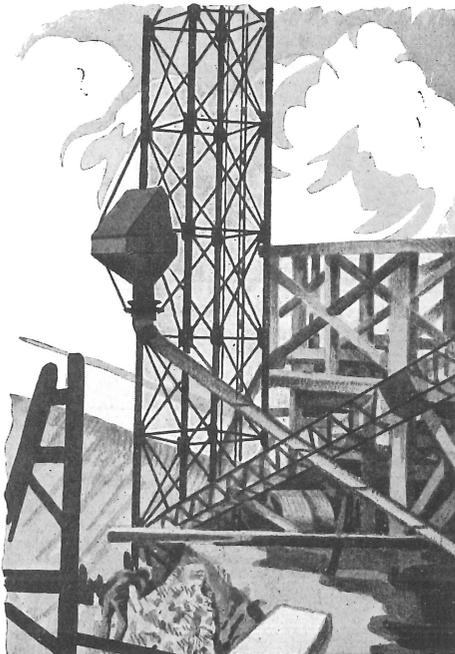


ment ou par arc a fait les progrès que l'on connaît, notamment en Belgique. Les essais en cours au Laboratoire de résistance des matériaux de l'Université de Bruxelles sur la résistance des joints par soudure électrique pourront éclaircir ce point.

Lorsque le pliage des barres peut faire craindre l'écrasement du béton environnant, il faut éviter d'y recourir et employer des barres droites croisées.

Les dispositions de l'ancien § 9 relatives aux épaisseurs minima d'enrobage du béton sont développées. Pour les grands ouvrages fortement contraints, il est recommandable d'avoir un recouvrement supérieur à deux centimètres. Si le béton peut être soumis à des influences nocives : vapeurs, acides, solutions, huiles, fumées, eaux nuisibles ou températures élevées, et si d'autres mesures de protection ne sont pas appliquées, il faut un enrobage minimum de 4 cm. de béton bien plein et, en outre, un enduit très soigné de mortier de ciment.

Dans les locaux industriels à forte circulation, si les planchers ne reçoivent pas de revêtement spécial, il faut augmenter l'épaisseur calculée du dallage d'au moins un centimètre et employer un béton superficiel particulièrement dur, de préférence recouvert d'un enduit de mortier de ciment.



Les pièces moulées d'avance doivent être construites de manière à être protégées contre le bris en cours de transport, éventuellement en munissant d'une armature la zone comprimée, qui doit porter des marques distinctives.

Les prescriptions générales précédentes sont complétées par des dispositions spéciales relatives aux différents éléments de construction en béton armé.

Pour les dalles à armature simple, les prescriptions du § 16 ancien relatives à l'épaisseur minimum sont maintenues ( $\frac{1}{27}$  de la portée ou de la distance entre les sections d'inflexion). Mais pour les dalles à armatures croisées, la hauteur peut descendre jusqu'à  $\frac{1}{30}$  de la portée (simple appui) ou de la distance des sections d'inflexion (encastrement), sans toutefois pouvoir être inférieure, dans la dernière hypothèse, à  $\frac{1}{40}$  de la portée. Les armatures de répartition doivent comporter au moins trois fers de 7 mm. par mètre courant ou un plus grand nombre de fers plus minces de même section totale.

Dans les dalles continues, les barres relevées vers les appuis, qui travaillent comme armatures tendues, doivent être prolongées suffisamment dans les travées voisines et d'au moins  $\frac{1}{5}$  de la portée si la répartition des moments n'est pas assez bien connue pour permettre le calcul exact.

Les planchers à nervures (Rippendecken), c'est-à-dire à nervures très rapprochées, que le règlement de 1916 citait à peine, font l'objet de dispositions nouvelles. L'écartement admissible des nervures est porté de 0,60 à 0,70 m. L'épaisseur de la dalle doit être au moins de  $\frac{1}{10}$  de l'écartement des nervures, sans être inférieure à 5 cm. Les mêmes dispositions que pour les dalles pleines régissent la hauteur totale minimum et les barres de répartition. Les nervures doivent recevoir des étriers dès que leur écartement dépasse 40 cm. Si la portée dépasse 4 m. et est inférieure à 6 m., les nervures doivent être consolidées par une entretoise médiane; il en faut au moins deux si la portée dépasse 6 m. Si cependant l'espace entre les nervures est rempli par des briques creuses ou autres matériaux de remplissage, les entretoises et les étriers ne sont plus nécessaires.

Cette catégorie de planchers semble peu connue ou appréciée en Belgique. Il faut reconnaître qu'aux avantages théoriques d'économie et de



légèreté s'oppose la difficulté pratique de leur confection. En vue de concilier ces deux points de vue, il a été proposé notamment de constituer ces planchers au moyen de pièces en forme de  $\square$  moulées d'avance et juxtaposées, l'écartement des nervures étant de 50 cm. et l'épaisseur de dalle de 5 cm. (1).

Le nouveau règlement fixe ensuite les proportions relatives des planchers mushroom (Pilzdecken), d'origine américaine et qui consistent en dalles plates posées directement sur des colonnes à têtes renflées (d'où le nom de champignon), indéformablement liées à la dalle. Les colonnes doivent avoir une largeur supérieure au  $\frac{1}{20}$  de leur entredistance dans la même direction et au moins  $\frac{1}{15}$  de la hauteur de l'étage, sans être inférieure à 30 cm. Si la dalle ne reçoit pas de disque de renforcement, la largeur de la tête de colonne doit être d'au moins  $\frac{2}{9}$  de l'entredistance. En cas de renforcement, les proportions minima sont indiquées aux croquis ci-dessous (fig. 1 et 2).

La dalle doit avoir une épaisseur supérieure au  $\frac{1}{32}$  de la plus grande des deux entredistances pour les planchers et à  $\frac{1}{40}$  pour les toitures, sans être inférieure à 15 cm.

Pour les poutres et poutres nervurées (section T), les dispositions des anciens §§ 9 et 16

dessus des appuis. Ces dispositions concordent avec l'opinion que j'ai exprimée sur l'opportunité de l'emploi conjugué d'étriers et de barres obliques (« Note sur le calcul organique des pièces fléchies en béton armé »; A.T.P.B., tome XXV, fasc. 3 de juin 1924, page 367).

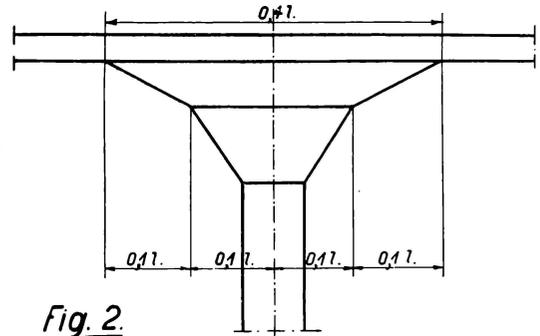


Fig. 2

Pour les colonnes, certaines dispositions de l'ancien § 17 ont été reprises et modifiées. La limite inférieure d'armature de 0,8 % pour un élancement supérieur ou égal à 10 peut varier jusqu'à 0,5 % pour un élancement égal à 5. La longueur des colonnes dans les bâtiments doit être mesurée d'étage à étage. Si la section de la colonne est supérieure à celle qu'exige les calculs, le pourcentage minimum d'armature ne doit correspondre qu'à la section théoriquement nécessaire. Pour les colonnes frettées, il a été simplement ajouté que l'armature longitudinale, qui doit comporter au moins  $\frac{1}{3}$  du frettage, doit être supérieure à 0,8 % et inférieure à 3 %. Des colonnes d'un élancement supérieur à 20 ou dont la section est inférieure à  $20 \times 25$  cm. ne sont admises qu'exceptionnellement.

Enfin, un alinéa nouveau traite des précautions spéciales à prendre pour les ponts de chemin de fer. Les armatures ne peuvent être disposées sur plus de deux rangées superposées; leur diamètre ne peut dépasser 40 mm. et l'espacement libre entre les barres ne peut être inférieur à leur diamètre et en aucun cas à deux centimètres. Les fers destinés à résister aux efforts rasants doivent être disposés symétriquement par paires et d'après le système du treillis double ou multiple. Les évidements ne sont pas autorisés. Le ballast doit être épais d'au moins 40 cm., mesuré de la surface extérieure de la chape à la face supérieure des traverses. (A suivre.)

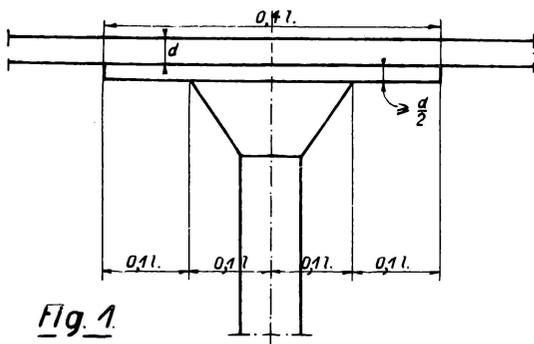


Fig. 1

ont été reprises presque sans modifications. En règle générale, l'armature ne peut comporter plus de deux rangées superposées de barres et le règlement prescrit l'obligation d'employer des étriers pour assurer la solidarité entre les zones tendues et comprimées, donc principalement pour des raisons constructives. Eu égard aux efforts tranchants, il faut disposer aux extrémités des poutres quelques barres relevées prolongées jusqu'au-

(1) Voir "La Technique des Travaux", n° 4, avril 1925, page 126.