Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 61 (1935)
Heft: 26

Artikel: Les nouvelles instructions françaises relatives à l'emploi du béton armé
Autor: Stroele, Henri-W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47037

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

61e année — 21 décembre 1935 — N° 26

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève. — Secrétaire : Edm. Emmanuel, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. C. Butticaz, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur cantonal ; E. Prince, architecte ; *Valais :* MM. J. Couchepin, ingénieur, à Martigny ; Haenny, ingénieur, à Sion.

Rédaction : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, La Tour-de-Peilz.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Dommer, ingénieur, président ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer ; E. Savary, ingénieur.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm. :
20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces :
Société Suisse d'Edition, Terreaux 29, Lausanne.

SOMMAIRE : *Les nouvelles instructions françaises relatives à l'emploi du béton armé* (suite et fin), par M. Henri-W. Stroele, ingénieur-conseil. — *Automotrice légère pour voie normale, de la Compagnie du chemin de fer des Alpes bernoises.* — *Constructions et amortissement.* — *Protection des canalisations d'eau contre le gel.* — *Etanchement des grands barrages par voile en tôle.* — *L'électrificacion rurale en France.* — Nécrologie : *Alphonse Vaucher.* — Bibliographie. — Carnet des concours. — Avis.

Les nouvelles instructions françaises relatives à l'emploi du béton armé,

par Henri-W. STROELE, ingénieur-conseil.

(Suite et fin) [1]

Titre II.

Préparation des projets.

L'*article 3 — Ponts en béton armé* — précise que le programme des surcharges et les majorations dynamiques seront les mêmes que pour les ouvrages métalliques.

Comme le coefficient de majoration dynamique français tient compte du rapport de la charge permanente à la surcharge, les ouvrages en béton armé, plus lourds, sont donc automatiquement avantagés par rapport aux ouvrages métalliques légers.

Les commentaires explicatifs indiquent qu'on peut appliquer la même majoration dynamique aux pièces étroitement solidarisées qui constituent le tablier, ce qui simplifie le calcul.

Pour les effets de la température, on tablera, en général, sur un écart de ± 20°.

L'article fixe encore la majoration de fatigue de 8 % que nous avons déjà mentionnée.

L'*article 4 — Halles de chemins de fer et combles* — renvoie aux règlements en vigueur pour les bâtiments métalliques.

L'*article 5. — Ouvrages divers,* — indique que les ouvrages doivent être calculés « en vue des plus grandes surcharges qu'ils auront à supporter, soit en service, soit au cours de la construction. »

L'*article 2 — Retrait* — est beaucoup plus précis que dans les instructions de 1906, qui ne faisaient que mentionner ce phénomène parmi les causes éventuelles de fatigue. Il indique, pour les ouvrages qui ne sont pas librement dilatables, ou que l'expérience ne permet pas de considérer comme tels, une valeur limite du raccourcissement de 0,0002.

Si des dispositions spéciales sont prises, on pourra d'ailleurs admettre un chiffre plus faible.

Lorsqu'on cumule les effets maxima des charges permanentes, des surcharges, du vent, de la température et du retrait, il est permis de compter sur un raccourcissement total de 0,0003 seulement, pour l'effet combiné du retrait et de l'abaissement maximum de température.

La valeur du coefficient d'élasticité à envisager n'est pas indiquée à cet article. A défaut d'indications particulières, elle résultera de la valeur du coefficient d'équivalence. Pour $m = 10$, on aura $E_b = 220\,000$ kg/cm², soit, à peu de chose près, la valeur donnée par notre ordonnance fédérale, $E_b = 200$ t/cm² (art. 25, alinéa 3).

Dans les commentaires qui accompagnent l'article 6, on encourage les ingénieurs à rechercher les moyens propres à diminuer les effets du retrait en agissant, par exemple, sur la granulométrie, sur la quantité d'eau de gâchage, ou encore sur les moyens de mise en œuvre.

Quant aux efforts *intérieurs* dus au retrait, efforts qui se produisent même dans les ouvrages librement dilatables, on est dispensé de les rechercher. Il est indiqué, d'ailleurs, que ces efforts sont souvent indifférents, et même quelquefois *favorables.*

L'*article 7 — Principe général des calculs* — prescrit que les calculs de déformation et de résistance doivent être déduits des principes classiques de la résistance des matériaux ou de principes scientifiques équivalents. Ceci à la condition que les armatures soient convenablement solidarisées. Aucun volume important de béton ne doit demeurer dépourvu d'armatures disposées suivant plusieurs directions.

Pour le cas exceptionnel où les déformations viendraient à dépasser le domaine élastique, les commentaires prévoient, pour l'appréciation des fatigues locales, l'emploi éventuel de méthodes s'écartant des règles classiques de la résistance des matériaux.

Il est d'ailleurs précisé qu'en rappelant les principes de la résistance des matériaux, « l'Administration n'entend nullement limiter la liberté des ingénieurs dans leurs recherches et dans leurs justifications ».

L'*article 8 — Pièces prismatiques — Déformations d'ensemble* — prescrit le calcul classique de la section homogène fictive par l'emploi du rapport $m = \frac{E_a}{E_b}$, (en Suisse n), appelé en général coefficient d'équivalence.

La valeur à donner à m n'est pas fixée par le texte réglementaire. Les commentaires explicatifs indiquent qu'il n'y a pas d'inconvénient à adopter le chiffre unique $m = 10$, au

[1] Voir *Bulletin technique* du 9 novembre 1935, page 265.

lieu d'une valeur variable de 8 à 15, comme le demandaient les instructions de 1906. Cette valeur de m s'entend pour les bétons ordinaires à l'âge où ils se trouvent au moment de la mise en service des ouvrages.

En pratique, la plupart des constructeurs français ont utilisé un cœfficient d'équivalence invariable, qui était le plus souvent 15 au début, le chiffre 10 ayant été adopté fréquemment par la suite. Il est vraisemblable que, sauf pour des cas très spéciaux, la valeur $m = 10$ sera dorénavant la seule employée.

C'est la même valeur qui est prescrite par notre nouvelle ordonnance fédérale (art. 97).

L'*article 9 — Fatigues locales des pièces prismatiques* — indique les méthodes de calcul applicables aux éléments comprimés, tendus ou fléchis.

Pas de changement aux règles connues pour les pièces soumises à une compression ou à une traction simple.

Pour les pièces fléchies, lorsqu'on calcule l'effet du moment fléchissant et de l'effort normal éventuel, on envisage une *section réduite* obtenue par la suppression d'une certaine tranche de béton, en principe la partie tendue. Les commentaires indiquent que le fait de supprimer du même coup une mince tranche de béton comprimé, au voisinage de la fibre neutre, n'influence pratiquement pas les fatigues. Il en résulte qu'on pourra fréquemment simplifier les calculs justificatifs, notamment dans les cas de flexion composée, en utilisant pour déterminer la section réduite une valeur simplement approchée de l'ordonnée de la fibre neutre.

L'emploi de tableaux, abaques, etc., est d'ailleurs expressément prévu.

Les indications relatives à la résistance à l'effort tranchant et à l'adhérence étaient les points les plus critiqués et, à la vérité, les plus critiquables de la circulaire de 1906.

Les nouvelles instructions, après avoir indiqué qu'on peut envisager la même section réduite que pour le calcul des efforts normaux, prescrivent ce qui suit au sujet de la résistance à l'effort tranchant :

Sauf exceptions justifiées, on devra prévoir un dispositif d'armatures transversales, capable de résister à lui seul aux efforts qu'on peut envisager comme conséquence des fissurations possibles du béton.

Nous croyons utile de reproduire également la partie correspondante des *commentaires explicatifs* :

On ne saurait trop insister sur l'utilité d'un dispositif d'armatures transversales qui soit capable à lui seul de résister aux efforts de traction ou de cisaillement qui se produisent comme conséquences de l'effort tranchant dans la masse du béton, particulièrement au voisinage de la fibre neutre, ou à la naissance des tables horizontales ou des hourdis.

On ne doit admettre d'exception à cette règle qu'en cas d'impossibilité pratique, comme cela arrive pour les hourdis minces. Dans ce cas, il est d'ailleurs généralement possible de satisfaire largement aux conditions limites de fatigue de l'article 2.

Enfin il est bien entendu que le dispositif des armatures transversales peut être agencé de diverses manières et que, pour atteindre le but poursuivi, on fera état, dans la mesure convenable, des éléments de la construction qui sont considérés comme devant demeurer sains, même après que des fissures seraient apparues dans les directions présumées dangereuses.

Ces armatures devront chevaucher les armatures principales de la partie tendue et être solidement ancrées dans la zone du béton comprimé.

Si l'on a recours à des étriers normaux à l'axe longitudinal de la pièce, leur espacement ne devra pas dépasser 4/5 de la hauteur de cette pièce. Il est recommandable, dans ce cas, de prendre des dispositions telles que les efforts de traction et de cisaillement du béton, calculés indépendamment des armatures transversales, ne dépassent pas 2,5 fois les limites permises à l'article 2.

Comme on le voit, ces dispositions diffèrent sensiblement de celles de la circulaire de 1906 ; celles-ci étaient interprétées, au début, en ce sens qu'on pouvait n'équilibrer par l'armature transversale que la partie de l'effort tranchant qui dépassait la fatigue admissible du béton au cisaillement. Pour la partie attribuée aux armatures, notamment aux étriers, la fatigue de cisaillement était limitée, en général aux 8/10 de la fatigue limite de traction.

Par la suite on s'est aperçu de l'inexactitude de ce mode de calcul et diverses administrations ont imposé de nouvelles directives que les instructions de 1934 rendent officielles.

On remarquera que les « commentaires » visent tout particulièrement le cas des étriers, notamment les deux derniers alinéas.

L'emploi de poutres armées seulement de barres droites inférieures et supérieures, et d'étriers verticaux, sans aucune barre relevée au voisinage des appuis, est en effet tout à fait courant en France. Ce système est très simple d'exécution ; il permet l'emploi de barres plus courtes, notamment comme « chapeaux », c'est-à-dire pour absorber les moments négatifs sur appuis ; enfin il facilite beaucoup la mise en place du béton dans des nervures étroites. Il permet de distribuer les armatures transversales exactement comme l'exige la courbe enveloppe des efforts tranchants, alors qu'avec les barres pliées la chose est souvent assez malaisée, surtout si la poutre ne comporte qu'un petit nombre de barres.

Au point de vue résistance, ce système d'armatures donne de bons résultats, à condition que l'effort tranchant ne dépasse pas une certaine valeur.

Cette limite est fixée par les nouvelles instructions en fonction de la résistance à la traction du béton, ce qui est rationnel. Elle atteint 2,5 fois la fatigue admissible du béton tendu, qui, en vertu de l'article 2, est égale aux 20/100 de la limite de rupture. La limite de l'effort tranchant est donc la moitié de la résistance à la traction du béton, soit un coefficient de sécurité de 2.

Ce coefficient de sécurité réduit est suffisant, car les étriers entrent en action dès qu'une fissure oblique vient à se produire. Comme ces étriers doivent être calculés pour résister à la totalité de l'effort tranchant, avec la limite de sécurité ordinaire des armatures tendues, il n'y a pas de danger de rupture prématurée de la poutre.

La limite de l'effort tranchant pour les poutres sans barres pliées s'établira comme suit, 1° pour un béton normal suivant tableau de l'article 2, et 2° pour un béton à haute résistance que nous supposerons avoir une fragilité plus grande :

	Béton normal (dosage 300 kg)	Béton à haute résistance
Résistance à la compression, à à l'âge de 90 jours	215 kg/cm²	360 kg/cm²
Fatigue admissible à la compression.	0,28 × 215 = = 60 kg/cm²	0,28 × 360 = = 100 kg/cm²
Résistance à la traction, à l'âge de 90 jours.	30 kg/cm²	40 kg/cm²
Fatigue admissible à la traction. .	0,20 × 30 = = 6 kg/cm²	0,20 × 40 = = 8 kg/cm²
Limite de l'effort tranchant, poutres sans barres pliées.	2,5 × 6 = = 15 kg/cm²	2,5 × 8 = = 20 kg/cm²

L'effort tranchant sera donc limité au 1/4 de la fatigue admissible de compression pour le béton normal, et au 1/5 environ de la fatigue correspondante, pour un béton à haute résistance.

Si les armatures destinées à équilibrer l'effort tranchant sont inclinées dans le sens de la tension principale, c'est-à-dire en général sous un angle de 45°, le règlement français ne fixe aucune limite à l'effort tranchant. On se retrouve dans le cas usuel des pièces tendues, armées dans le sens de cette tension, pour lesquelles on a renoncé, depuis longtemps, au calcul de la fatigue d'extension du béton.

Certains auteurs indiquent que, dans ce cas, la seule limite à observer est la limite de sécurité du béton comprimé suivant la direction de l'autre tension principale. A vrai dire, il paraît difficile de réaliser, avec les types d'armatures usuels, des poutres où l'effort tranchant puisse atteindre une valeur aussi élevée.

Avant la parution des nouvelles instructions, l'administration française des *P. T. T.* demandait par exemple que la fatigue de cisaillement ne dépasse pas le 1/3 de la fatigue de compression et ceci quel que soit le dispositif d'armatures transversales.

D'autres règles établies par un organisme privé (Bureau « Securitas ») autorisaient, pour les poutres munies de barres

pliées, une limite de 50 % plus élevée que pour les poutres qui en étaient dépourvues ; soit par exemple 15 kg/cm² dans le premier cas et 10 kg/cm² dans le second, pour un béton dont la fatigue de compression ne devait pas dépasser 50 kg/cm².

Les instructions belges limitent la « tension de sécurité au cisaillement » au 1/5 de la « tension de sécurité à la compression », soit au maximum à 20 kg/cm² pour un béton pouvant travailler à la compression au taux de 100 kg/cm². Cette limite n'est admise, toutefois, qu'à la condition que « la plus grande partie de l'effort tranchant soit équilibrée par des barres obliques ». La limite est ramenée à 1/7 si cette condition n'est pas remplie, en particulier s'il n'y a pas du tout de barres pliées. D'autre part, la limite du 1/5 peut être dépassée si les écartements des barres relevées, mesurés suivant l'axe de la poutre ne dépassent ni 7 fois le diamètre des barres, ni le quart de la hauteur de la poutre ; dans ce cas l'effort tranchant n'est plus limité que par la « tension de sécurité à la compression ».

Si nous comparons avec notre nouvelle ordonnance fédérale, nous avons tout d'abord l'article 95, alinéa 1, qui oblige à relever vers les appuis, conformément au diagramme des efforts tranchants, *un tiers au moins des armatures* nécessaires au milieu de la portée et ceci même si, théoriquement, il n'est besoin d'aucune armature pour assurer la résistance à l'effort tranchant.

On ne tolère d'exception que pour les *bâtiments* (le terme allemand « im Hochbau » est peut-être un peu moins restrictif) et aussi lorsque les contraintes de l'article 112 ne sont que *légèrement* dépassées — on ne dit pas de combien !

Nous avons là une disposition tout à fait nouvelle, et dont aucun « commentaire » ne vient expliquer la nécessité ou même l'utilité. Elle impose, en fait, au moins pour les ponts, un système d'armatures qui peut fort bien n'être pas toujours le meilleur ni le plus économique. Il y a même des cas assez nombreux ou cette exigence conduira à des dispositions d'armatures absurdes, voire impraticables.

Si nous sommes bien renseigné, les plus grands ponts à poutres droites sous voies ferrées sont précisément des ouvrages sans barres pliées. L'exécution de ponts de ce type est désormais interdite en Suisse. Il paraît difficile de pousser plus loin l'ignorance de ce que font les ingénieurs d'un pays voisin... et ami.

Si nous passons à l'article 112, alinéa 3, de notre ordonnance, nous voyons que la limite de l'effort tranchant correspond à une contrainte de 12 kg/cm², pour le béton normal, et de 15 kg/cm² pour le béton à haute résistance.

La première de ces limites est celle même qui résultait, pour les bâtiments, de l'ordonnance de 1915 ($3 \times 4{,}0 = 12$ kg/cm²). Les limites plus basses concernant les ponts n'entrent plus en ligne de compte, car la différenciation des fatigues est remplacée maintenant par les majorations pour actions dynamiques des surcharges. On n'a donc accordé une augmentation que pour le béton dit « à haute résistance ». et encore bien faible, puisqu'on ne passe que de 12 à 15 kg/cm², alors que pour la compression on saute de 40 à 100.

Les limites ainsi fixées paraissent prudentes, trop prudentes même. Elles obligeront, comme par le passé, nos ingénieurs à construire *lourd*, car elles conduisent à des largeurs de poutres plus fortes que, par exemple, les règles françaises. Il en résulte un supplément de poids mort qui se répercute sur les poteaux, les fondations, etc...

A notre avis, on aurait pu, tout en renonçant aux dispositions restrictives de l'article 95, augmenter d'un tiers les contraintes limites de cisaillement de l'article 112, alinéa 3, et admettre des valeurs encore plus élevées lorsque la totalité de l'effort tranchant est reprise par des armatures obliques suffisamment rapprochées.

Rien n'empêchait, d'ailleurs, telle ou telle administration, par exemple les *C. F. F.* de prescrire, pour ses ouvrages, un type d'armatures déterminé à l'exclusion de tout autre.

On aurait, du moins, laissé toute liberté à d'autres administrations, cantons ou villes, ainsi qu'aux simples particuliers.

En ce qui concerne l'*adhérence* des armatures et du béton, les nouvelles instructions françaises fixent la même limite de sécurité que pour la résistance à la traction. Les commentaires indiquent que la limite normale peut être dépassée lorsque les barres sont convenablement ancrées dans une masse de béton située au delà de la zone des décollements à craindre. Dans ce cas, la fatigue d'adhérence peut être portée à deux fois sa valeur normale, si les barres sont munies de crochets, ce qui est conforme à la pratique courante, et à 2,5 fois sa valeur normale, s'il s'agit de barres continues sur deux ou plusieurs travées.

L'*article 10 — Flambement* — ordonne un calcul spécial lorsque l'élancement de la pièce comprimée, c'est-à-dire le rapport de sa hauteur à sa plus faible dimension transversale dépasse 20. La formule indiquée par les commentaires est celle de Rankine, comme dans les instructions de 1906.

Si un moment fléchissant s'ajoute à l'effort normal, on additionne simplement la fatigue de flexion à la fatigue de compression multipliée par le coefficient de flambement, la somme devant être au plus égale à la limite de sécurité à la compression. Ici encore, pas de changement par rapport aux errements anciens.

Chez nous, les limites de la contrainte de flambement sont données par des formules linéaires, dans le genre de celles de Tetmajer (art. 111/2). Nous avons aussi des données numériques nouvelles pour le cas de charges excentrées (art. 111/4), mais pas pour le cas, le plus fréquent, d'excentricité différente aux deux extrémités.

Pour éviter le flambement des armatures comprimées, les instructions françaises demandent des liaisons efficaces (étriers de 3 mm au moins) à des écartements ne dépassant pas 12 fois le diamètre des barres.

Chez nous, on exige des étriers tous les 15 diamètres (art. 96/4), en fil de 5, 6 ou 7 mm suivant le genre de construction (art. 88/1).

L'*article 11 — Frettage* — fixe, comme dans les instructions de 1906, aux 60/100 de la résistance à la compression, la fatigue limite des pièces frettées. Les commentaires donnent des formules pour la détermination de la résistance en fonction du volume et de l'espacement des frettes. Ces formules concernent non seulement les frettes hélicoïdales ou circulaires (anneaux fermés), mais aussi le frettage constitué par un quadrillage de deux nappes de barres repliées en forme d'épingles à cheveux alternées. Cette disposition est utilisée avec avantage pour le frettage de sommiers d'appui et d'autres éléments à section rectangulaire de fort équarissage.

L'*article 12* fixe les — *Distances minima des armatures entre elles et aux parois des coffrages.* Cette dernière distance, de 20 mm au minimum dans le cas général, sauf pour les étriers, est portée à 35 mm s'il s'agit d'ouvrages à la mer.

Le cas d'armatures réunies en paquets est prévu.

Chez nous, on demande comme distance au coffrage, 1 cm seulement pour les dalles, 2 cm pour les poutres et poteaux, et, pour les ouvrages exposés aux intempéries, 1,5 et 3 cm (art. 88/4).

L'*article 13 — Courbure des armatures* — fixe à deux diamètres (*2 d*) le rayon intérieur minimum des crochets d'extrémité et à au moins *10 d* le rayon des autres pliures.

Notre article 89 en reste au crochet Considère avec *5 d* d'ouverture (rayon *2,5 d*). Pour les autres pliures, on ne demande qu'un rayon de *5 d*.

L'*article 14 — Nervure associée à un hourdis* — indique la largeur de hourdis que l'on peut porter en compte, savoir, de chaque côté de la nervure, la moitié de l'intervalle entre deux nervures, ou, au plus, le 1/6 de la portée. On a renoncé à une limite en fonction de l'épaisseur du hourdis, car la vérification du cisaillement à la jonction du hourdis et de la nervure conduit automatiquement à une limitation efficace.

Notre article 104, alinéa 2, fixe la largeur utile de chaque côté à 8 fois l'épaisseur de la dalle, ou au 1/8 seulement de la portée. Quant à l'article 95, alinéa 3, il interdit de compter sur une dalle de moins de 8 cm d'épaisseur, ce qui est quelque peu pessimiste.

L'*article 15 — Règles relatives aux dalles et hourdis de forme rectangulaire* — fixe la section minima, par mètre courant, des armatures de répartition à la moitié de la section des armatures principales. L'écartement des armatures principales

ne doit pas dépasser le double de l'épaisseur de la dalle, celui des armatures secondaires, le triple. Des indications sont données, en outre, sur l'étalement des charges locales dans l'épaisseur de la dalle et de la couche répartitrice éventuelle.

D'après notre ordonnance, l'écartement des armatures des dalles ne doit pas dépasser 1,2 fois leur épaisseur (art. 88/3). Quant à l'étalement des charges locales (art. 100/1 et 2), il est plus favorable que dans les instructions françaises.

Ces instructions ne donnent, d'ailleurs, pas de formules analogues à celles des articles 101 et 102 de notre ordonnance pour le calcul des moments fléchissants sous l'effet de charges réparties ou isolées. Les commentaires indiquent simplement qu'on peut admettre les règles applicables aux dalles homogènes d'épaisseur constante.

Titre III.
Mode d'exécution et épreuves des ouvrages.

Les *articles 16 — Mode d'exécution* — et *17 — Epreuves des ouvrages* — qui constituent ce troisième et dernier chapitre renvoient aux cahiers des charges et règlements en vigueur.

Il est rappelé que le béton armé ne vaut que par la perfection de son exécution. Une surveillance spéciale s'impose, portant sur la qualité des matériaux, leur dosage, sur l'eau employée, sur le damage et le bourrage du béton, sur l'arrimage des armatures. Les surfaces de reprises du béton doivent être disposées et exécutées avec le plus grand soin.

Pour les épreuves des planchers, on prescrit l'application des charges et surcharges prévues soit à la totalité du plancher, soit au moins à une travée entière.

S'il s'agit d'éprouver des ouvrages de quelque importance, on recommande l'emploi d'appareils enregistreurs pour la constatation des flèches.

Les *exemples de calcul* qui suivent le texte des instructions sont tirés des instructions antérieures.

Cahier des charges général et modèle de devis particulier.

Ces textes contiennent des prescriptions sur la qualité des matériaux, les essais auxquels ils doivent être soumis, l'exécution des travaux, le mode de mesurage, etc.

Nous n'examinerons ici que quelques stipulations qui peuvent être comparées utilement à certains articles des ordonnances suisses.

Pour les *armatures*, les essais imposés sont les suivants :

Epreuves de traction. La longueur entre repères sur laquelle on mesure l'allongement est donnée, en mm, par la formule

$$L = \sqrt{66{,}67\ S},$$

où S est la section en mm². Pour une barre ronde on a $L = 7{,}24\ d$ soit une longueur intermédiaire entre l'éprouvette courte et l'éprouvette longue de notre nouvelle ordonnance (art. 42). Pour être comparés aux allongements λ_{10} de notre ordonnance, les allongements déterminés d'après les règles françaises doivent être diminués d'environ 10 %. Nous avons donné, à propos de l'article premier des instructions, les caractéristiques exigées.

Epreuves de pliage à froid. Les éprouvettes doivent pouvoir être ployées de telle sorte que les deux moitiés s'appliquent complètement l'une sur l'autre. Ceci correspondrait, d'après notre ordonnance, à un coefficient de pliage de 100, alors que ladite ordonnance n'exige que 80 (zone tendue) ou 40 (zone comprimée).

Epreuves de fragilité. Cet essai consiste à rompre d'un seul coup de masse une éprouvette entaillée obtenue en perçant un trou dans le milieu d'un coupon de barre et en supprimant au moyen d'un trait de scie l'une des deux parties de la section. En remettant en contact les deux tronçons de l'éprouvette, on doit constater un angle de déviation supérieur à 20°.

Cet essai n'a pas d'équivalent dans nos normes.

On voit, d'une façon générale, que le cahier des charges français est plus sévère que notre ordonnance en ce qui concerne la ductilité du métal.

A l'article relatif aux *ouvrages en béton armé*, nous avons noté : la tolérance dans la position des armatures, savoir un demi-diamètre et, au maximum, 6 mm ; le raccord des barres par recouvrement (30 *d* plus les crochets s'il s'agit de barres tendues) ; le raccord des barres par soudure, écrous filetés, etc., pour lequel on peut se dispenser de tout calcul si l'on a établi que la résistance du raccord est égale à celle des barres (notre ordonnance — art. 89/5 — n'admet pour les soudures des barres tendues que les 6/10 de la limite admissible pour la barre) ; les dispositions relatives aux parements fins, obtenus au moyen d'un béton de composition spéciale, coulé en même temps que le béton formant le corps des pièces, avec emploi de coffrages rabotés et assemblés à rainures et languettes ; les essais de plasticité au moyen du cône d'Abrams. Le modèle de devis particulier indique comme suit les affaissements à prescrire en général :

constructions courantes	2 à 10 cm
constructions exceptionnellement armées, ou de faible épaisseur	10 à 20 cm
corps moulés et *pilonnés* dans des moules étanches	0 à 10 cm
corps moulés et *vibrés* ou *pervibrés* dans des moules étanches	0 à 5 cm

Un autre article indique que le *sable* ne doit pas contenir en poids plus de 5 % de grains fins traversant le tamis de 900 mailles par cm². Pour la composition granulométrique, on fixera, s'il y a lieu, la proportion de grains de moins de ½ mm, qui sera de 20 à 35 % en poids, et éventuellement la proportion de grains ayant toutes leurs dimensions supérieures à la moitié de la dimension maximum, généralement 5 mm, ladite proportion étant comprise entre 30 et 50 %. Il n'est pas parlé, par contre, de la composition granulométrique de la pierraille, dont le calibre seul est donné, variant de 10 à 30 mm. Donc pas de courbe de tamisage indiquant une composition granulométrique idéale, dont on doit s'approcher le plus possible, sans qu'on indique précisément de combien on a le droit de s'en écarter.

Quant à la *terminologie* employée par les nouvelles instructions françaises, nous signalerons quelques expressions qui diffèrent de l'édition française de notre nouvelle ordonnance fédérale.

L'administration des Ponts et Chaussées continue à employer le mot *fatigue* dans le sens du mot allemand « Spannung ». On retrouve toutefois des expressions telles que *tensions normales* ou *tangentielles*, *tensions principales* qui sont usuelles dans les traités de résistance des matériaux. Tandis que nos ordonnances de 1913 et 1915 utilisaient également *fatigue*, notre ordonnance de 1935 adopte *contrainte* qui est utilisé par divers ingénieurs français et qu'avait adopté le Règlement de la Chambre syndicale. Comme les Belges en restent dans tous les cas à tension (par exemple, tension de compression, tension de cisaillement, etc.) nous avons là un cas de désaccord particulièrement flagrant.

Les ingénieurs français appellent *hourdis*, ce que nous appelons en général *dalles*, le mot hourdis s'appliquant surtout s'il n'y a des armatures principales que dans un sens.

Les instructions françaises appellent *matières inertes* l'ensemble constitué d'une part par le *sable*, de l'autre par les *pierrailles*, qui peuvent être du caillou, du gravier, du gravillon ou de la pierre cassée. Le terme *agrégat* de notre ordonnance paraît peu approprié, car il désigne plutôt une matière déjà agglomérée.

Nous avons utilisé, au cours de notre analyse, les termes techniques des instructions françaises, et le lecteur qui aura eu la patience de nous suivre jusqu'ici, et qui nous aura compris sans trop de difficulté, conviendra, sans doute, que l'adoption d'une terminologie uniforme dans les divers pays de langue française, serait assez facilement réalisable.

Ce serait une première étape sur la voie qui nous conduira peut-être un jour à des règlements internationaux.

Les instructions du ministère français des travaux publics, que nous avons analysées, ne comptent que 17 articles, soit à peine huit pages d'impression.

Nous sommes loin des véritables manuels que constituent les prescriptions de certains pays. En particulier, notre ordonnance fédérale, avec ses 141 articles, n'en consacre pas moins

de 42, spécialement touffus, au calcul et à l'exécution des constructions en béton et en béton armé.

A la vérité, il faut ajouter au texte proprement dit des instructions françaises les « commentaires explicatifs », et tout ce qui se trouve renvoyé aux cahiers des charges ou à d'autres documents.

Nous croyons qu'il y a intérêt à limiter au minimum le texte réglementaire, et à donner dans une annexe, dont le nom importe peu, les explications et renseignements qu'on juge utiles, notamment sur les points encore nombreux qui ne sont pas complètement élucidés.

On obtient ainsi un réglement plus souple, capable de s'adapter, même en l'absence d'une révision fréquente, au perfectionnement continu des méthodes de construction.

On a voulu expliquer la différence entre les longs développements des prescriptions de certains pays et la concision des instructions françaises, par le fait que les ingénieurs des Ponts et Chaussées jouiraient d'une compétence toute particulière qui justifierait la liberté plus grande qui leur est accordée.

Une fois réalisée la protection de la profession d'ingénieur, ne pourrait-on aussi, chez nous, accorder aux anciens élèves de nos écoles techniques supérieures, un peu plus de cette liberté dont jouissent leurs collègues français ?

Car, en fait, c'est toute la corporation, et non les seuls ingénieurs des administrations publiques, qui bénéficie, en France, d'une réglementation particulièrement libérale.

Automotrice légère pour voie normale,

de la Compagnie du chemin de fer des Alpes bernoises.

Une nouvelle automotrice légère de la série des rubans bleus ou flèches bleues comme le public les a déjà dénommées vient d'être mise en service par la Compagnie du chemin de fer des Alpes bernoises sur la ligne Berne-Schwarzenburg. Ce parcours très accidenté et particulièrement sinueux présente de nombreuses courbes de faible rayon, aussi la nouvelle automotrice est-elle pourvue d'un nouveau type de bogie à essieux commandés, système de la « Société Industrielle Suisse » (S. I. G.), à Neuhausen (breveté en Suisse, brevets étrangers demandés).

La description complète de l'équipement électrique et de la partie mécanique de cette automotrice légère paraîtra plus tard, pour l'instant, nous parlerons seulement des bogies à essieux commandés qui constituent une première réalisation pratique de ce problème tout à l'honneur de notre industrie nationale.

Il est connu que la marche d'une voiture sur rails est favorablement influencée par l'agrandissement de l'empattement des bogies. Mais cette mesure a pour conséquence d'augmenter la résistance au passage des courbes par suite de l'accroissement de l'angle de cisaillement que forme le boudin de l'essieu avant avec le rail. Le rayon des courbes d'un parcours pose donc une limite assez étroite à l'augmentation de cet empattement et il est nécessaire d'en tenir compte si l'on ne veut pas admettre d'emblée une forte usure des boudins des bandages.

Le nouveau bogie à essieux commandés de la « Société Industrielle Suisse », à Neuhausen (fig. 2) satisfait à ces deux conditions, grand empattement du bogie et petit angle de cisaillement.

Comme les deux essieux de chaque bogie s'orientent radialement, ou à peu près, dès l'entrée dans la courbe, l'empattement des bogies peut sans inconvénient être supérieur à celui des bogies de construction normale. Pour l'automotrice *BLS*, cet empattement a été fixé à 3400 mm. Par suite de l'orientation des essieux, l'angle de cisaillement diminue immédiatement après l'entrée en courbe, pour atteindre sa valeur minimale zéro, position radiale des essieux, sitôt que les deux bogies de l'automotrice ont pénétré dans la courbe.

En principe, la construction de ce bogie à essieux commandés est la suivante :

La caisse de la voiture repose par l'intermédiaire d'un dispositif spécial, également breveté par la « Société Industrielle Suisse », à Neuhausen, sur deux ressorts à lames latéraux. Ces deux ressorts transmettent le poids de la caisse au cadre principal de bogie *A* par l'intermédiaire de pièces en caoutchouc logées dans les supports, aménagés de chaque côté de ce cadre. Ce dernier repose lui-même, au moyen de deux crapaudines ad hoc, sur les cadres d'essieu *B* et *C* et répartit ainsi dans la proportion désirée le poids de la caisse sur les essieux. (Fig. 3.)

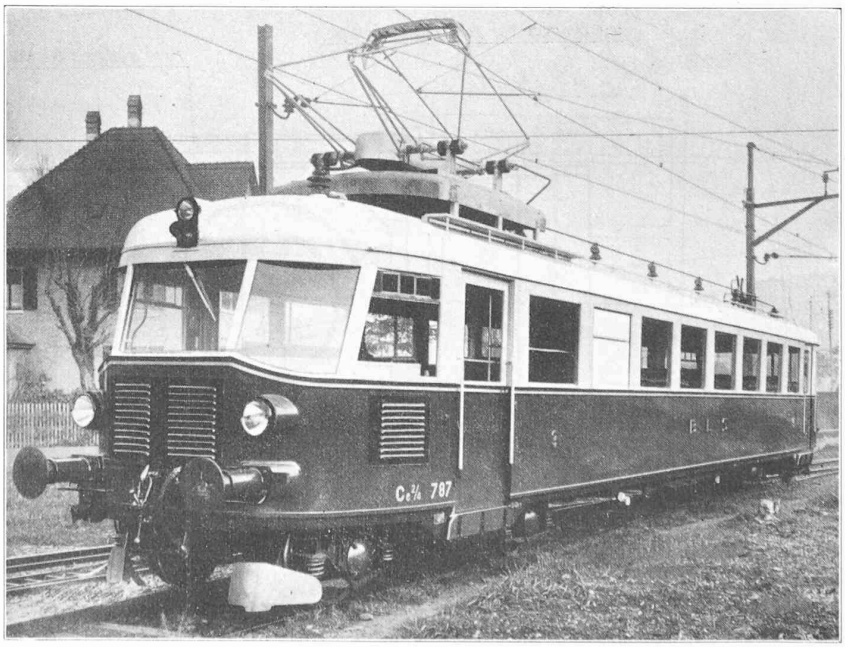

Fig. 1. — Automotrice à voie normale de la Cie du Chemin de fer des Alpes bernoises, Courant monophasé 15 000 V, 16 $^2/_3$ p : s.