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

Autor(en): **Stroele, Henri-W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **61 (1935)**

Heft 23

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-47030

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

61e année 9 novembre 1935 N° 23

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*, par Henri-W. Stroele, ingénieur-conseil. — *Colonisation de chômeurs*, par M. Marc Piccard, architecte à Lausanne et Zurich. — *Nouvelles bases philosophiques de la science.* — Nécrologie : *Guillermo Zammit.* — *Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — *Possibilités de travail ouvertes à l'étranger à de jeunes stagiaires.* — Carnet des concours : *Aménagement de la propriété du Château de Beaulieu, à Lausanne*

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

par Henri-W. STROELE, ingénieur-conseil.

Nous avons donné, dans un précédent article [1], une analyse de l'Instruction provisoire française sur les ponts et charpentes métalliques soudés à l'arc électrique.

A la même date du 19 juillet 1934, le Ministre des Travaux publics de l'époque, — qui n'était autre que M. P.-E. Flandin, — a signé une seconde circulaire modifiant les Instructions du 20 octobre 1906 relatives à l'emploi du béton armé.

A la lettre du Ministre sont annexées : 1° les *Instructions* proprement dites *relatives à l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du Ministère des travaux publics* avec *Commentaires explicatifs* suivies d'*Exemples de calculs pour l'application des nouvelles instructions ;* 2° une *Nouvelle rédaction des articles du cahier des charges général, du 29 octobre 1913, intéressant le béton armé ;* 3° des *Modifications apportées aux articles intéressant le béton armé dans le modèle A de devis particulier.*

Ainsi se trouvent remis à neuf et groupés dans un même fascicule les documents qui règlent l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du Ministère français des travaux publics [2].

Comme dans le Règlement sur les Ponts métalliques, dont la dernière révision date de 1927, des *commentaires explicatifs* accompagnent les Instructions proprement dites. Dans les exemplaires officiels, destinés aux Ingénieurs des Ponts et Chaussées, les Instructions occupent les pages de gauche, tandis que les commentaires sont placés en regard sur les pages de droite correspondantes.

C'est là une disposition fort heureuse, qui permet fréquemment aux ingénieurs de connaître avec plus d'exactitude les intentions des rédacteurs des instructions, et parfois d'interpréter dans les meilleures conditions le texte réglementaire, seul obligatoire en principe, notamment lorsque ce texte manque de précision ou ne s'applique pas exactement au cas envisagé.

[1] *Bulletin technique* du 20 juillet 1935, page 169.
[2] Le texte complet de ces documents est reproduit dans les *Annales des ponts et chaussées* de mars 1935.

Ces commentaires remplacent les explications qui précédaient les instructions de 1906, et qui, comme le disait la lettre du Ministre des T. P. de l'époque — il s'appelait Louis Barthou — « ont pour objet de préciser, en tant que de besoin, le sens et la portée de ces instructions ».

Dans cette même circulaire, il était dit que les instructions « seront sans doute à reprendre lorsque l'expérience des chantiers et des laboratoires, et une plus longue carrière du béton armé auront fourni, en ce qui le concerne, des données plus certaines que celles que l'on possède aujourd'hui ». Vu ces intentions revisionnistes, on ne peut qu'admirer la très remarquable longévité dont a fait preuve la « circulaire » de 1906 [1].

A vrai dire, la révision de ce règlement était à l'ordre du jour depuis de longues années et ce sont les divergences de vues des ingénieurs et constructeurs français qui ont, sans doute, retardé la parution des nouvelles instructions.

En 1928 avait été publié [2] un projet de *Règlement sur les constructions en béton armé* établi par une commission d'études techniques de la Chambre syndicale des constructeurs en ciment armé de France. Ce projet avait été adopté par le Ministère de l'air, mais n'avait pas été agréé par le Ministère des travaux publics dont dépend l'Administration des ponts et chaussées.

Ce projet, que nous n'analyserons pas en détail, comportait certaines dispositions, notamment en ce qui concerne l'effet du retrait et de la température, qui ont paru, au premier abord, quelque peu compliquées ; de même, celles relatives à la « courbe intrinsèque » de résistance du béton. L'application courante de ce règlement aurait nécessité l'emploi de barèmes ou d'abaques spéciaux, que beaucoup de constructeurs ne possédaient pas. Certains d'entre eux se sont bornés à extraire de ce projet, pour leur usage personnel, les dispositions qui leur étaient favorables, en tant qu'elles autorisaient ou paraissaient autoriser une augmentation des contraintes, tout en laissant de côté les articles défavorables ou dont l'application leur semblait malaisée.

Malgré son intérêt scientifique évident, le règlement de la Chambre syndicale ne paraît pas devoir être utilisé fréquemment à l'avenir, tandis que les Instructions du ministère des travaux publics seront très généralement suivies, même pour les travaux particuliers.

[1] Voir à ce sujet l'article de M. *Lossier*, dans le *Génie Civil* du 30 mars 1935.
[2] Gauthier-Villars et Cie, éditeurs.

Nous allons analyser la nouvelle réglementation, en considérant spécialement les points où elle modifie celle de 1906, et ceux où elle s'écarte de notre nouvelle ordonnance fédérale, simultanément « norme » de la *S. I. A.*

Nous signalerons en passant quelques dispositions intéressantes des instructions relatives aux ouvrages en béton armé de l'*Association belge de standardisation*, d'après le projet de révision de juillet 1934. Ces instructions paraissent, en effet, beaucoup moins connues, chez nous, que, par exemple, les prescriptions allemandes ou autrichiennes.

Titre premier.
Nature et qualité des matériaux employés.

L'*article premier* — *Armatures* — fixe les limites de sécurité des fatigues.

Pour l'acier doux normal, qualité « Ponts et chaussées », présentant une limite d'élasticité de 24 kg/mm² et une limite de rupture de 42 kg/mm², les fatigues d'extension ou de compression autorisées sont les mêmes que pour les ouvrages métalliques (Règlement du 10 mai 1927), savoir :

si l'on ne tient pas compte du vent . . 13 kg/mm²
si l'on tient compte du vent . . . . . 14 kg/mm²

Rappelons que la circulaire de 1906 ne fixait pas de chiffre ferme, mais limitait la fatigue des armatures à la moitié de la limite apparente d'élasticité, soit, en pratique, 12 kg/mm² pour le métal qualité « Ponts et chaussées ».

A qualité inchangée, la fatigue admissible est donc légèrement augmentée. Cette majoration est d'ailleurs justifiée par le perfectionnement des méthodes de calcul réalisé en 28 ans.

Aux chiffres indiqués s'ajoute, dans le cas des ponts seulement (art. 3), une majoration supplémentaire de 8 %, lorsqu'on est amené à cumuler les effets du vent, de la température, etc... avec ceux des charges permanentes et des surcharges.

Pour les aciers spéciaux, des fatigues plus élevées peuvent être autorisées, sans pouvoir dépasser la moitié de la limite d'élasticité, ni le tiers de la limite de rupture. L'allongement de rupture devra être, dans ce cas, d'au moins 12 %, contre 25 % pour l'acier normal.

Exceptionnellement, on admet l'emploi d'aciers présentant des caractéristiques inférieures de 10 % au plus à celles du métal qualité « Ponts et chaussées ». Les fatigues limites sont alors abaissées dans la même proportion.

L'*article 2* — *Béton* — fixe la limite de fatigue à la compression aux 28/100 de la résistance de rupture à l'âge de 90 jours, donc sans changement par rapport aux instructions anciennes.

A la traction, au cisaillement et à l'adhérence, la fatigue admissible est égale aux 20/100 de la *limite de rupture à la traction*, au même âge de 90 jours, et non plus au 1/10 de la fatigue admissible à la compression.

En ce qui concerne l'adhérence, le taux indiqué suppose que les barres sont à une distance du parement au moins égale à leur diamètre.

Voilà pour le texte réglementaire. Si nous passons aux *commentaires explicatifs* concernant le même article, nous voyons que, pour un béton ayant la composition suivante :

800 litres de pierraille (5 à 25 mm),
400 litres de sable (max. 5 mm),
300, 350 ou 400 kg de ciment 20/25, [1]
malaxage mécanique, 2 à 3 minutes,
plasticité correspondant à un affaissement de 2 à 10 cm (slump test),

on peut compter, *a priori*, sur des limites de rupture telles qu'en leur appliquant les coefficients réglementaires de 28/100 ou 20/100, les fatigues admissibles ressortent du tableau suivant :

Dosage en ciment	Taux de fatigue	
	à la compression	à la traction à l'adhérence au cisaillement
300 kg	60 kg/cm²	6 kg/cm²
350 kg	65 kg/cm²	6,5 kg/cm²
400 kg	70 kg/cm²	7 kg/cm²

[1] Les chiffres 20 et 25 désignent les résistances minima à la traction en kg/cm², à 7 et 28 jours, sur mortier normal.

On retrouve, entre les chiffres des deux dernières colonnes, la proportion de 10 à 1 des instructions de 1906. Mais les chiffres eux-mêmes sont majorés. Par exemple, pour le béton au dosage de 300 kg, on a dorénavant 60 kg/cm², au lieu de 44,8.

Les chiffres du tableau ci-dessus ne sont pas, comme dans de nombreuses prescriptions, des chiffres obligatoires, applicables dans tous les cas.

Rien n'empêchera les ingénieurs et constructeurs d'en adopter d'autres, s'ils sont en mesure de les justifier par des essais. C'est ainsi qu'était appliquée la circulaire de 1906, et il en sera certainement de même du nouveau règlement.

En fait, avec les bétons à haute résistance, on sera conduit à s'écarter du rapport fixé traditionnellement à 10 entre les fatigues admissibles à la compression et à la traction. Les bétons de « superciments » sont, en effet, plus fragiles, et la fatigue admissible à la traction, fixée d'après des résultats d'essais, ne dépassera pas, le plus souvent, les 8 ou 7 centièmes de la fatigue de compression.

On peut regretter que les nouvelles instructions aient maintenu l'expression de *résistance au cisaillement* à côté de *résistance à la traction*, qui ne figurait pas dans le texte de 1906. Il ne peut en résulter que des confusions, sans autre avantage que le respect d'une tradition déjà ancienne.

Les résistances à la traction, qui serviront à la détermination des fatigues admissibles, résulteront d'essais de flexion, sous moment constant, d'éprouvettes prismatiques, à section carrée, non armées. La résistance sera évaluée par la formule usuelle des solides élastiques. Les résultats d'essai ne sont donc pas applicables, sans autre, aux pièces simplement tendues, ni aux pièces fléchies armées. D'où, sans doute, la fixation à 20/100 seulement du rapport des limites de sécurité et de rupture. Le coefficient de sécurité, plus élevé que pour les éléments comprimés, se justifie aussi par la dispersion plus grande des résultats des essais de flexion.

La majoration de 8 % de l'article 3, pour le cas de cumul des efforts, dans le calcul des ponts, est applicable également à la fatigue du béton.

Notons, en passant, que le fait de fixer les limites de sécurité d'après la résistance de bétons âgés uniformément de 90 jours, est peut-être trop favorable aux ciments à durcissement rapide. Les instructions *belges* prennent comme base les résistances à 28, à 14, ou à 7 jours, suivant la rapidité de durcissement du liant.

Comparons maintenant les limites de sécurité des instructions françaises avec les contraintes admissibles de notre nouvelle ordonnance suisse.

a) *Armatures.* — Extension ou compression :

— en France : 1300 kg/cm² dans le cas général, 1400 kg/cm² avec le vent, éventuellement 8 % de majoration pour les ponts, en cas de cumul de divers efforts ;

— en Suisse : 1200 kg/cm² en général, 1400 kg/cm² pour les dalles de plus de 12 cm d'épaisseur, plus les majorations éventuelles de 150 ou 300 kg/cm² pour l'effet de la température et du retrait, avec un maximum de 1500 kg/cm².

Les différences, dans l'un ou l'autre sens ne dépassent guère 100 kg/cm². La fixation à 13 kg/mm², au lieu de 12, de la limite usuelle, représente, toutefois, un avantage économique appréciable.

A l'inverse de ce qui se passe pour les ouvrages métalliques, la Suisse donne des chiffres fermes pour l'acier spécial à haute résistance, savoir 1600, 1700 et au maximum 1900 kg/cm².

b) *Béton.* — La comparaison est moins aisée, car, d'une part, la France ne fixe que le rapport de 28/100 entre la limite de sécurité et la résistance à la compression, qui peut avoir une valeur quelconque, tandis que, d'autre part, la Suisse fixe 6 limites différentes variant de 40 à 70 kg/cm² pour le béton dit « normal », et 6 autres, variant de 55 à 100 kg/cm² pour le béton « à haute résistance », sans compter diverses majorations possibles, et sans parler du « béton de qualité exceptionnelle » appelé si justement « Ueberbeton » par M. Maillart [1]. D'une part, 3 dosages en ciment habituels, d'autre part un seul. Enfin, des résistances de base déterminées, d'une part, à l'âge de 90 jours, de l'autre à celui de 28 jours seulement.

[1] *Schweiz. Bauzeitung*, 30 janvier 1932.

Heureusement que les multiples renseignements que contient notre ordonnance vont nous faciliter le travail. A l'article 87, alinéa 4, nous trouvons les résistances exigées à 28 jours, savoir :

220 kg/cm² pour le béton normal au dosage de 300 kg
300 » » à haute résist. » 300 kg

A l'article 117, alinéa 8, nous voyons que nous pouvons compter, à 90 jours, sur une résistance 1,15 fois plus élevée qu'à 28 jours.

Si nous appliquons maintenant le coefficient français 0,28 aux résistances suisses, nous trouvons :

béton normal . . . . . $0{,}28 \times 1{,}15 \times 220 = 71$ kg/cm²
béton à haute résistance $0{,}28 \times 1{,}15 \times 300 = 97$ kg/cm²

Nous arrivons, à 3 % près, aux chiffres maxima de 70 et 100 kg/cm² de notre ordonnance. Le coefficient de sécurité est donc en principe le même. Sous réserve toutefois des diverses majorations de contrainte prévues par notre ordonnance : 20 kg/cm² dans les pièces fléchies dont l'armature ne travaille pas au maximum ; 15 ou 30 centièmes pour la température et le retrait. Sous réserve aussi de la tolérance de 25 ou 20 centièmes sur les résistances individuelles des divers cubes (art. 87/4).

Il convient de noter que notre ordonnance impose des taux de contrainte réduits, et quelque peu arbitraires, pour les éléments de moins de 20 et 12 cm d'épaisseur.

Il faut faire ressortir, enfin, la différence que l'on fait chez nous entre les pièces comprimées et les pièces fléchies ; l'article 110 donne en effet les limites suivantes (pièces de plus de 20 cm d'épaisseur) :

	Compression au centre de gravité.	Compression sur l'arête.
Béton normal	59 kg/cm²	70 kg/cm²
Béton à haute résistance. .	70 kg/cm²	100 kg/cm²

La réduction de contrainte pour les pièces simplement comprimées est donc de 30/100 environ.

Comment, diront ceux de nos ingénieurs qui ont bénéficié peu ou prou des enseignements de la technique germanique, les ingénieurs français ne font donc aucune différence entre la fatigue des éléments comprimés et fléchis !

Nous ne songeons nullement à contester les résultats obtenus par nos laboratoires d'essais, ni les conclusions théoriques qu'on en a tirées.

Mais il faut bien constater que, depuis 30 ans et plus, on a édifié, en France, une multitude d'ouvrages, petits ou grands, voire même nombre d'ouvrages records, sans qu'on ait éprouvé le besoin de fixer des limites de fatigue différentes pour les pièces comprimées et fléchies.

On n'a, d'ailleurs, pas constaté d'accidents fréquents du fait de poteaux en béton armé, alors même que ceux-ci étaient calculés, trop souvent, d'une façon simpliste, en négligeant le vent, ainsi que les liaisons avec les poutres voisines.

M. Lossier dans un article sur la « pathologie » du béton armé [1], ne cite aucun cas de rupture de pièces chargées de bout. Et pourtant ses observations se rapportent, en grande partie, à la période de guerre où, beaucoup de spécialistes étant mobilisés, de nombreuses fautes de conception, de calcul ou d'exécution ont été perpétrées.

Nous-même, en qualité de collaborateur de Charles Rabut, le père de l'« auscultation » des constructions, nous avons eu à examiner divers ouvrages qui ne donnaient guère satisfaction à leurs propriétaires. Nous n'avons pas constaté un seul cas de pièces comprimées qui n'aient pas tenu ce qu'on attendait d'elles. Les seuls cas, venus indirectement à notre connaissance, étaient dus à des malfaçons dans le dosage ou le malaxage du béton.

La limite de sécurité unique du règlement français, qui correspond sensiblement à la contrainte limite que notre ordonnance applique aux pièces fléchies, ne paraît donc pas exagérée, même pour les éléments chargés de bout. Faut-il en conclure que la fatigue des pièces fléchies pourrait encore être relevée dans la proportion indiquée par les essais de laboratoire ? Seule une expérience pratique prolongée permettrait de répondre à cette question.

[1] *Génie civil*, 6 et 13 février 1926.

En raison des simplifications qu'elle apporte, nous n'hésitons pas à marquer notre sympathie pour la règle des instructions françaises. Et nous n'aurions vu aucun inconvénient à ce que notre nouvelle ordonnance adopte la même solution. Ceci jusqu'au jour, encore lointain sans doute, où l'on pourra y substituer officiellement de nouvelles méthodes tenant compte de la *plasticité* des matériaux, acier et béton.

En bonne logique, la différence entre pièces comprimées et fléchies, si l'on en fait une, devrait exister aussi pour les ouvrages métalliques, ce qui n'est pas le cas dans notre ordonnance.

Notons aussi que les instructions belges, dans leurs diverses éditions, fixent également un taux de compression identique, sans égard au genre de sollicitation, flexion ou compression.

Dans la pratique actuelle, le système français ne comporte d'ailleurs pas de différences aussi sensibles qu'on pourrait le penser avec les règles suisses ou allemandes. On calcule en effet, de plus en plus fréquemment, les ouvrages composés de poteaux et de poutres comme des cadres à mailles multiples. Les poteaux pour lesquels la charge la plus défavorable est un effort de compression rigoureusement centré sont quasiment inexistants. Ces méthodes de calcul plus exactes sont imposées déjà depuis plusieurs années par certaines administrations françaises, notamment celle des *P. T. T.*

Elles sont également prescrites par les instructions belges.

Il est regrettable que notre nouvelle ordonnance, qui, par ailleurs, entre dans tant de détails, ne recommande pas plus explicitement un calcul tenant compte de la solidarité des divers éléments d'une ossature, généralement dépourvue d'articulations.

S'il s'agit, par exception de pièces articulées, ou semi-articulées, un ingénieur prudent devra tenir compte du frottement des rotules ou d'un défaut de centrage toujours possible de l'effort.

De sorte qu'en définitive, c'est souvent le taux de fatigue des pièces fléchies qui limitera la charge admissible, ou, s'il n'en est pas ainsi, la différence sera minime. Ce qui diminue beaucoup l'intérêt d'un taux de fatigue spécial aux pièces chargées de bout.

(A suivre).

Colonisation de chômeurs

par M. Marc PICCARD, architecte, à Lausanne et Zurich.

Ce genre de colonisation est relativement nouveau. Pourtant nos pays voisins se sont rendu compte de l'actualité du problème. Il s'agit d'arriver à ce que les chômeurs s'occupent d'une façon utile, ce qui réduira les charges de leur assistance aux frais de la communauté.

Alors que dans les constructions agricoles proprement dites, le rural est beaucoup plus grand que la maison, ici c'est le contraire. Les colonisations de chômeurs reflètent, par leur aspect déjà, les très modestes capacités rurales de leurs habitants.

A. Partie économique.

On sait que ce sont les ouvriers du bâtiment et ceux des diverses branches de l'industrie métallurgique qui souffrent le plus de la crise. D'après le bureau de statistique de la ville de Zurich, les gains annuels des ouvriers de ces deux corps de métiers varient comme suit :

	Classe supérieure : Fr.	*Classe inférieure :* Fr.
Maçons	3510.—	2860.—
Manœuvres.	3020.—	2370.—
Ouvriers métallurgiques	3950.—	2710.—
Journaliers	3540.—	2350.—

Moyenne : 3200 fr.