

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

---

# LE NOUVEAU RÈGLEMENT DU BÉTON ARMÉ

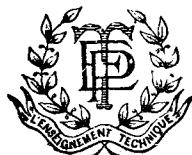
19 JUILLET 1934

---

COMPARAISON  
AVEC L'ANCIEN RÈGLEMENT  
DU 20 OCTOBRE 1906

---

Par GEORGES DEBÈS  
INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES



PARIS  
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE  
LÉON EYROLLES, ÉDITEUR  
3, Rue Thénard  
1935  
Tous droits réservés

## ANCIEN RÈGLEMENT

Le premier règlement français concernant les ouvrages en béton armé date du **20 octobre 1906**. Il fut rédigé à la suite de travaux très prolongés d'une Commission composée d'Inspecteurs Généraux et d'Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussés, et de divers théoriciens et praticiens du béton armé, notamment Considère, Rabut, Mesnager, Maurice Lévy.

Obligatoire seulement pour les travaux dépendant du Ministère des Travaux Publics et des autres Administrations Publiques, il a été en fait suivi, à de très rares exceptions près, par tous les constructeurs. Toujours en vigueur jusqu'à maintenant, il constitue donc la base de ce mode de construction.

Il présente un ensemble de dispositions techniques tout à fait remarquables. La solidité de son contenu, la sagesse et la prudence qui ont présidé à sa rédaction, ont eu pour effet de permettre de construire avec sécurité, pendant plus d'un quart de siècle, une quantité considérable d'ouvrages. Il a eu en outre le rare mérite de ne pas entraver l'essor de la construction en béton armé, et de lui laisser prendre le développement considérable qu'elle a acquis.

Mais à l'époque où a été bâti ce règlement, on n'avait pas encore une très grande pratique de ce genre de construction, et on ignorait sur le béton un certain nombre de faits très importants qui commencent seulement à être mis en lumière. On s'est inspiré sur certains points, aussi bien dans ce règlement français que dans les règlements étrangers contemporains, d'idées dérivant de la construction métallique, mais que l'expérience n'a pas confirmées.

Ce règlement avait donc besoin d'être remanié sur certains points, complété sur d'autres, pour être mis en harmonie avec les enseignements d'une pratique désormais assez longue et avec les résultats des nombreuses expériences poursuivies depuis sa rédaction.

Le Ministère des Travaux Publics a travaillé longuement à cette remise au point. Il prit notamment l'avis du Comité de Direction des Grands Réseaux de Chemins de fer et de divers groupements professionnels, spécialement de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment armé de France.

Ce dernier groupe, qui comptait des Ingénieurs spécialistes de très grande valeur et de très grande expérience théorique et pratique, comme Mesnager, Freyssinet, Caquot, etc., avait en particulier établi à la fin de 1928 un projet de règlement (publié en janvier 1930) qui a fait l'objet d'un examen approfondi.

S'inspirant de ces divers avis, le Ministère des Travaux Publics vient de publier (janvier 1935) un **nouveau règlement** qui porte la date du **19 juillet 1934**.

## NOUVEAU RÈGLEMENT

La rédaction du nouveau règlement offre avec l'ancienne beaucoup de similitude, mais le nouveau texte tient compte à la fois des progrès réalisés dans la fabrication des ciments et des aciers, des effets du retrait des ciments qui ne figuraient pas dans le règlement de 1906, du travail réel du béton à la traction et au cisaillement, etc....

Il en résulte un assez grand nombre de modifications qu'il est difficile de saisir *a priori*, à moins d'une analyse approfondie.

Pour faciliter la comparaison entre l'ancien et le nouveau règlement, nous avons mis ci-après en regard les dispositions correspondantes des deux textes :

### RÈGLEMENT DE 1906

Qualité  
de l'acier  
des  
armatures.

Non fixée.

### RÈGLEMENT DE 1934

**Qualité normale :**  
**acier doux** du règlement du 10 mai 1927 sur les ponts métalliques et en béton armé :  
Résistance à la rupture : 42 kg/mm<sup>2</sup>.

Limite d'élasticité : 24 kg/mm<sup>2</sup>.

Allongement de rupture : 25 %.

**Aciers de qualité inférieure** : tolérance en moins 10% sur chacune de ces caractéristiques.

**Aciers plus durs** : liberté de les employer, sauf à éviter la fissuration du béton tendu.

Justifier leurs caractéristiques de résistance, d'élasticité, d'allongement et de fragilité. Intérêt à ce que l'allongement de rupture ne soit pas inférieur à 12%.



Limites de fatigue du béton. (suite)	Au cisaillement, au glissement <sup>(1)</sup> longitudinal du béton sur lui-même, à l'adhérence : 10 % de la fatigue à la compression.	A la traction <sup>(1)</sup> , au cisaillement, à l'adhérence : 20 % de la résistance de rupture à la traction à 90 jours
	Pièces soumises à des efforts très variables (efforts de sens alternés, houardis) : diminuer de 25 % les taux de fatigue.	Disposition supprimée.
	Pièces soumises à des efforts dynamiques : diminuer selon l'évaluation des efforts dynamiques, que l'on ajoute aux fatigues.	Disposition remplacée par l'évaluation des efforts dynamiques, que l'on ajoute aux surcharges.
Principes des calculs.	Application des règles de la résistance des matériaux, ou d'autres principes scientifiques, à l'exclusion de tous calculs empiriques. Calculer pour les plus grandes surcharges.	Sans changement.
Retrait.	Aucune indication.	Tenir compte des efforts intérieurs occasionnés par le retrait du béton. A défaut d'indications précises, compter sur un retrait de 0,0002. Si on a pu prendre des dispositions pour avoir peu de retrait, ou que son effet se soit produit avant clavage ou fixation sur les appuis, on peut prendre un chiffre plus faible. Effet combiné du retrait et de l'abaissement de la température : raccourcissement total = 0,0003.

(1) Le règlement de 1906 avait en vue le glissement du béton sur lui-même dans le sens longitudinal, c'est-à-dire en d'autres termes son travail au cisaillement dans ce sens. Le nouveau règlement n'en parle plus. Les nombreuses expériences faites depuis 1906 ont en effet démontré que le béton ne se rompt pas par glissement longitudinal sur lui-même, mais par arrachement; les effets de l'effort tranchant se traduisent par des tensions dans un sens à 45° sur la verticale, supportées par le béton (aidé s'il y a lieu par des armatures), et des compressions dans le sens perpendiculaire. Ce résultat d'expérience montre, incidemment, que la résistance au cisaillement du béton est supérieure à sa résistance à la traction.

En conséquence, le nouveau règlement fait intervenir la résistance à la traction du

Pièces prismatiques.

$m = \frac{Ea}{Eb}$  variable de 8 à 15 suivant les dispositions des armatures.

**Pièces comprimées** : considération d'une section totale fictive.

$$\Omega = \Omega b + m\Omega a$$

**Pièces tendues** : pour déterminer les fatigues locales, on regarde comme nulle la résistance à l'extension du béton dans la section.

Mais la résistance à l'extension du béton doit être mise en compte dans le calcul des déformations.

$$Ea = 22 \times 10.$$

$Eb$  varie de  $1,5 \times 10$  à  $4 \times 10$ .

Malgré cela, pas d'inconvénient à simplifier et à prendre couramment  $m = 10$  pour les bétons ordinaires à l'âge où ils se trouvent lors de leur mise en charge.

Mais on reste libre de proposer un  $m$  différent.

**Pièces comprimées** : Cette considération de la « section rendue homogène » est maintenue.

$$\text{Fatigue du béton} = \frac{\text{force de compression}}{\Omega}$$

Fatigue des armatures = ce quotient  $\times m$ .

**Pièces tendues**. Même règle : « On admettra que les armatures longitudinales supportent seules l'effort total de traction. »

Si l'on veut vérifier approximativement les tensions réelles dans le béton et dans les armatures pour les sections non fissurées : faire le calcul de la section rendue homogène, variable tant que la fatigue à la traction du béton reste inférieure à sa limite élastique (20 et 25 kg. pour le béton type recommandé ci-dessus)

béton ; mais elle ne doit être prise en compte que pour la vérification de sa fatigue réelle à la traction, en vue d'éviter sa fissuration, et pour le calcul des déformations.

Mais cela ne veut pas dire qu'il faille négliger, dans certains cas, de vérifier la valeur du cisaillement longitudinal, conséquence de l'effort tranchant ; par exemple dans le plan d'intersection des poutres avec le plan inférieur des hourdis, surtout quand ceux-ci sont coulés après les poutres, cette reprise constituant un plan de moindre résistance, où les étriers sont indispensables.

Pièces prismatiques (suite).

**Pièces fléchies** : Règles usuelles de la Résistance des Matériaux, avec l'hypothèse de Navier (conservation des sections planes).

**Pièces fléchies.**

Sans changement.

Dans les parties tendues, comme ci-dessus.

S'il n'y a pas de tractions effectives dans le béton, appliquer la règle de la section rendue homogène.

S'il y en a, envisager une *section réduite* en supprimant la tranché fissurable. Il est admis que la recherche de cette section réduite, difficile par le calcul, peut être faite empiriquement (précédents, tableaux, abaques, etc...) <sup>(1)</sup>.

Recommande d'éviter si possible que le béton tendu entre dans sa phase d'étirage.

**Effort tranchant** : Prendre en compte la section réduite.

Insiste sur l'utilité d'armatures transversales capables de résister aux efforts de traction ou de cisaillement engendrés par l'effort tranchant, particulièrement au voisinage de la fibre neutre pour les efforts de traction, et dans le plan d'intersection des poutres avec le plan inférieur des hourdis pour le cisaillement horizontal.

Exception pour les hourdis minces.

Si l'on emploie des étriers, espacement maximum : 4/5 de la hauteur de la pièce.

(1) En principe, la section réduite ne doit comprendre que les parties comprimées du béton, c'est-à-dire celles situées au-dessus de l'axe neutre. Mais le règlement laisse une certaine latitude, la détermination exacte de la section réduite n'étant pas rigoureusement nécessaire dans ce cas; si en effet on prend en compte, par exemple, un peu de béton tendu, il travaille si peu à la traction au voisinage de l'axe neutre que cela ne change pas l'ordre de grandeur du résultat.

**Pièces fléchies (suite).**

Pièces  
prisma-  
tiques  
(suite).

**Pièces fléchies (suite).**

Faire en sorte que les efforts de traction dans le béton, calculés comme s'il n'y avait pas d'armatures transversales<sup>(1)</sup>, ne dépassent pas la moitié de la résistance de rupture à la traction.

**Adhérence** : nécessaire de vérifier les efforts d'adhérence, en les calculant sur la section réduite.

On fait remarquer qu'il est souvent possible de rendre solidaires les armatures avec une masse de béton située au-delà de la zone des décollements à craindre : soit en assurant la continuité des armatures sur plusieurs travées, soit avec des crochets d'extrémité.

En ce cas, on peut majorer la limite de fatigue à l'adhérence de 2 fois 1/2 dans le cas des barres continues, de 2 fois s'il y a des crochets.

Flam- bement.	{ Application de la formule de Rankine.	Sans changement.
------------------	--	------------------

(1) Les étriers verticaux dans une poutre n'empêchent pas, en effet, les fissurations à 45° résultant de l'effort tranchant; ils ne commencent à travailler qu'après fissuration. Les « barres relevées » à 45° vers les appuis sont plus efficaces; elles commencent à travailler avant fissuration, si elles sont convenablement réparties.

On peut augmenter l'efficacité des étriers en les inclinant sur la verticale, mais jamais de plus de 28°.

Frettage.	La résistance à l'écrasement est multipliée par le facteur	$1 + m' \frac{V'}{V}$	Sans changement, mais $m'$ est donné par une formule : $m' = \mu \left(1 - 2 \frac{e}{b}\right)$ ; $e$ = espacement des fretttes. $b$ = plus petite dimension transversale de la pièce. $\mu = 55$ pour les frettées hélicoïdales continues, les anneaux circulaires complets et les quadrillages Freyssinet. $\mu = 30$ pour les frettées rectangulaires fermées (avec rapport de dimensions $\leq 1,5$ ).
		$V'$ = volume des frettées; $V$ = volume du béton fretté; $m'$ = un coefficient qui variait de 15 à 32 selon certaines règles.	
Distances entre les armatures et aux parois des coffrages.	Distances telles qu'elles permettent un parfait serrage contre les armatures.	Minimum : 15 à 20 mm., même avec du mortier sans gravillon, pour mettre les armatures à l'abri des intempéries.	Distances des armatures entre elles et aux parois : au moins le diamètre maximum du gravillon + 5 mm. Minimum de distance aux parois : le diamètre $d$ des barres (pour assurer l'adhérence). En cas d'impossibilité (par exemple paquet de barres au contact), diminuer le taux de fatigue à l'adhérence, et le justifier. Minimum absolu : 35 mm. pour les ouvrages à la mer, 20 mm. pour les autres ouvrages.
		Non fixée.	Rayon intérieur $\geq 2$ fois le diamètre $d$ des armatures, ce qui revient à dire que le diamètre des crochets = $5d$ (d'axe en axe des barres). Maintenir les crochets par des ancrages ou des frettages si des réactions latérales tendent à chasser vers l'extérieur le béton qui les entoure <sup>(1)</sup> .

(1) Noter que les crochets terminaux sont entièrement inefficaces pour la transmission des efforts de compression.

Nervures associées à des hourdis.	<p>Quand un hourdis est associé à une poutre, la largeur <math>b</math> de hourdis à prendre en compte pour le travail de compression doit être en rapport avec l'épaisseur <math>\epsilon</math> du hourdis, l'écartement <math>L</math> des nervures et leur portée <math>l</math>.</p> <p>On doit avoir :</p> $b \leq 1/3 l$ $\leq 3/4 L$	Pas de limitation en raison de l'épaisseur du hourdis, $\epsilon$ .
		$b \leq 1/3 l$ $\leq L$
Dalles et hourdis rectangulaires.	2 séries d'armatures orthogonales : section totale des armatures les plus faibles = $1/2$ de la section des armatures les plus fortes.	2 séries d'armatures orthogonales : section totale par mètre courant des armatures de répartition (dans le sens de la plus grande portée de la dalle) = $1/2$ de la section des armatures principales.
	<p>Calculer comme si les charges étaient uniformément réparties.</p> <p>Si le hourdis est porté par 2 cours de nervures orthogonales, d'écartements respectifs <math>L</math> et <math>L'</math>, calcul spécial du moment de flexion.</p>	<p>Grandeur des mailles :</p> <p>Distance des armatures principales . . . . . <math>\leq 2\epsilon</math></p> <p>Distance des armatures secondaires . . . . . <math>\leq 3\epsilon</math></p> <p>Sans changement.</p> <p>Rien de spécifié pour ce cas.</p>
Dalles et hourdis rectangulaires (suite).	Répartition d'une charge rectangulaire sur le hourdis : règle complexe.	Répartition d'une charge rectangulaire sur le hourdis : on admet qu'elle intéresse un rectangle dont les 2 côtés sont augmentés de $\epsilon$ , et de $\epsilon + 2\epsilon'$ s'il y a sur le hourdis une couche de répartition d'épaisseur $\epsilon'$ .

Mode d'exécution des ouvrages.	Coffrages suffisamment rigides.	Veiller à la provenance et à la qualité des matériaux, à leur dosage, au dosage de l'eau, au damage et au bourrage du béton le long des armatures, à leur solide arrimage. Aux reprises, mettre au besoin des barres spéciales pour assurer la transmission des efforts de cisaillement, si les armatures générales ne suffisent pas.
	Ciment à prise lente (sauf pour ciment coulé).	
	Béton damé par couches de 5 cm.	
	Pour les reprises, nettoyer à vif et mouiller l'ancien béton.	
	Entretenir le béton humide pendant 15 jours au moins.	
Épreuves des ouvrages.	Décoffrage sans chocs, après résistance suffisante du béton.	Épreuves dans les conditions prescrites par les règlements des ponts et des halles de chemins de fer (combles). Pour les planchers, charger la totalité ou au moins une travée entière. Pas d'autres prescriptions de détail.
	Conditions des épreuves et flèches à insérer dans les cahiers des charges.	
	Ponts : conditions du règlement du 10 mai 1927.	
	Combles : règlement du 17 février 1903.	
	Planchers : charger la totalité, ou au moins une travée entière.	
	Application des surcharges pendant au moins 24 heures; les flèches ne doivent pas augmenter au bout de 15 heures.	
	Age du béton :	
	$\geq 90$ jours pour les grands ouvrages.	
	$\geq 45$ jours pour les ouvrages de moyenne importance.	
	$\geq 30$ jours pour les planchers.	

Au nouveau règlement sont annexés :

**1<sup>o</sup> Une nouvelle rédaction des articles du cahier des charges général du 29 octobre 1913 intéressant le béton armé.**

L'article 28 définit la qualité de l'acier doux pour barres rondes :

limite de rupture  $> 42$  kg./mm<sup>2</sup>.

— élastique  $> 24$  —

allongement de rupture  $> 25$  %

et fixe les essais à leur faire subir.

On prévoit qu'on pourra employer des cales en béton pour éviter le déplacement des armatures dans les coffrages. La tolérance sur l'emplacement

des armatures ne doit pas dépasser la moitié du diamètre des barres, et en valeur absolue 6 mm.

La longueur du recouvrement des barres est à calculer en fonction des efforts et de l'adhérence.

Pas de délai indiqué pour le décoffrage.

**2<sup>e</sup> Les modifications apportées aux articles intéressant le béton armé dans le modèle de devis particulier.**

Les renvois de ce modèle donnent des définitions des sables et des agrégats<sup>(1)</sup>, et des indications très intéressantes sur leur granulométrie, la composition du béton, sa plasticité, etc....

**Sable pour mortier et béton.** — Ne doit pas contenir en poids plus de 5 % de grains passant au tamis de 900 mailles/cm<sup>2</sup> (grains < 2/10 mm.).

Les limites maxima des dimensions des grains sont fixées comme suit :

<i>Sable pour béton armé</i>	Grains généralement <	5 mm.
<i>Sable pour béton non armé</i>	— — — <	10 mm.
<i>Sable pour enduits</i>	— — — <	2,5 mm.

Quand on fixe une **composition granulométrique du béton**, on doit prescrire des limites de pourcentage des grains < 1/2 cm., et s'il y a lieu les limites de pourcentage des grains > 1/2 de la dimension maxima (D). Ce sont généralement les suivantes (en poids) :

Grains < 1/2 mm. . . . .	20 à 35 %
Grains > $\frac{D}{2}$ . . . . .	30 à 50 %

**Définition des Pierrailles :**

pour les massifs, généralement de 15 à 60 mm.

— le béton armé, —	de 10 à 15 — ou de 20 à 30 —
— les chapes, —	

**Composition du béton.** — Dosage de 250 à 400 kg. de ciment, en général, pour 800 litres de pierrailles et 400 litres de sable.

**Plasticité du béton.** — Affaissement au cône :

constructions courantes . . . . .	2 à 20 cm.
constructions exceptionnellement armées ou de faible épaisseur. . . . .	10 à 20 —
Pièces (pilonnées dans des moules étanches) . . . . .	0 à 10 cm.
Moulées (vibrées ou pervibrées dans des moules étanches) . . . . .	0 à 5 —

(1) Nous employons ici le terme « agrégat » parce qu'il est couramment utilisé, et bien que nous le condamnions en principe. Mais nous faisons remarquer que le nouveau règlement ne le prononce pas. Il ne parle que de *sable* et de *pierrailles pour béton*; il n'a pas employé de terme spécial pour désigner l'ensemble des matières inertes.

Pour les **coffrages**, la **mise en place du béton**, les **parements fins**, les **épreuves et le contrôle de la résistance du béton**, les Ingénieurs de l'État peuvent faire eux-mêmes toutes les prescriptions qu'ils désirent, mais ils ont la latitude de demander des propositions à l'Entrepreneur, moyennant leur approbation et leur contrôle. Le mode de mise en œuvre du béton dépend en effet de l'outillage de l'entreprise.

### Observations générales.

On voit que le nouveau règlement tient suffisamment compte, pour tous les travaux de pratique courante, des connaissances acquises en ce qui concerne les propriétés du béton et la manière dont il travaille en association avec l'acier. Ce règlement corrige un certain nombre d'erreurs de l'ancien et donne des prescriptions nouvelles sur des points très importants, de sorte que la sécurité s'en trouve accrue.

Cependant il marque un peu plus de hardiesse dans les taux de fatigue des matériaux.

Il nous paraît tout à fait regrettable que le nouveau Règlement ait maintenu sans aucune explication ni réserve le **dosage 800 de pierrailles (gravillon) pour 400 de sable**, survivance de l'ancien règlement. Cette simple indication est à la fois défectueuse et insuffisante, pour deux raisons :

1<sup>o</sup> **Le mélange 800/400 n'est pas toujours le meilleur.** — Si cette proportion est devenue classique, c'est qu'elle est couramment employée dans la région parisienne, avec du gravillon et du sable de Seine, et que la Commission du Béton armé, en 1906, l'a adoptée pour ses expériences; elle a ainsi passé dans la circulaire ministérielle. Mais il faut bien remarquer qu'en pratique la composition granulométrique du sable et du gravillon de Seine est loin d'être toujours constante, et n'a même pas toujours été observée dans les expériences. De sorte que les proportions 800/400 de matériaux de Seine ne constituent qu'une moyenne, que les praticiens sont souvent amenés à corriger au sentiment, d'après leur expérience, rien qu'à l'aspect des matériaux approvisionnés.

Mais à plus forte raison ne peut-on pas généraliser pour d'autres matériaux et d'autres régions. Tout dépend de la nature et de la provenance du sable et du gravillon. Les résultats sont très diffé-

rents avec des matériaux tout-venant de rivière, à grains arrondis, souvent assez bien gradués, et des matériaux de concassage, à grains anguleux, qui contiennent beaucoup plus de vides. En particulier lorsque du gravillon de concassage a des grains de grosseur à peu près uniforme, ses vides sont maxima et il faut employer une plus grande proportion de sable.

Pour obtenir la **résistance**, l'**étanchéité** et l'imperméabilité aux agents extérieurs, sans employer un dosage excessif de ciment qui est coûteux et exagère le retrait, il faut un **mélange très compact** de sable et de gravillon. On doit donc toujours étudier les proportions relatives de ces constituants, ce qui est facile même sur le chantier, et pour les travaux très soignés étudier la granulométrie de chacun d'eux.

2<sup>o</sup> **Le mélange 800/400 ne donne pas toujours**, après pilonnage, **1 m<sup>3</sup> de béton en œuvre**. On a bien à peu près ce rendement avec des matériaux de Seine bien gradués, mais c'est inexact dans la plupart des cas : cela dépend de la **nature** et de la **granulométrie de l'agrégat**, du **dosage en ciment** et du **tassement**. En général, le mélange  $800 + 400 = 1200$  en matériaux séparés donne moins de  $1 \text{ m}^3$  de béton en œuvre. Avec des pierres cassées, l'ordre de grandeur se rapproche plutôt de  $850 + 500 = 1350$ , mais ceci à titre de simple indication, car il faut expérimenter dans chaque cas particulier.

Puisqu'il faut souvent, pour obtenir  $1 \text{ m}^3$  de béton en œuvre, plus de matières inertes et de ciment que le laisse supposer l'énoncé du dosage 800/400, le prix de revient est plus élevé.

Il est d'autre part bien entendu que l'Ingénieur qui aura à exécuter un **ouvrage exceptionnel** devra **pousser plus loin l'analyse des efforts et vérifier le travail en chaque point**; l'article 9 du nouveau règlement vise spécialement cette recherche. Dans ces cas il pourra y avoir intérêt à suivre certaines recommandations du Règlement de la Chambre Syndicale, quelle qu'en soit la complication, et notamment à utiliser la courbe intrinsèque.

On trouvera ci-après le texte intégral du nouveau règlement et de ses annexes.

MINISTÈRE  
DES  
TRAVAUX PUBLICS

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION  
DU PERSONNEL,  
DE LA COMPTABILITÉ  
ET DE L'ADMINISTRATION  
GÉNÉRALE.

PERSONNEL.

3<sup>e</sup> BUREAU.

Béton armé.

*Révision des instructions  
du 20 octobre 1906.*

*Modification  
de certains articles  
du  
cahier des charges général  
du 29 octobre 1913  
et du modèle A  
de devis particulier.*

*Circulaire Série A  
N° 8.*

Paris, le 19 juillet 1934.

LE MINISTRE

à *M*

*Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées*

à

Depuis plusieurs années déjà, mon Administration s'est préoccupée de réviser les instructions contenues dans la circulaire du 20 octobre 1906 pour l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du Ministère des Travaux Publics, en vue de tenir compte de l'expérience acquise dans les chantiers et les laboratoires.

A la fin de 1928, la Chambre syndicale des Constructeurs en ciment armé de France, ayant établi un projet de règlement sur les constructions en béton armé, l'avait soumis au Ministre des Travaux Publics et avait demandé qu'il fût fait état des dispositions dudit projet dans les textes nouveaux sur la matière, alors en cours d'élaboration.

La réforme a fait l'objet de longues études, de la part d'une commission spéciale, puis du Conseil général des Ponts et Chaussées. Ce dernier, après discussion approfondie, et compte tenu des avis et observations du Comité de direction des grands réseaux et de divers groupements professionnels — spécialement de la Chambre syndicale des Constructeurs en ciment armé de France — a adopté un projet d'instructions destinées à remplacer celles du 20 octobre 1906.

Corrélativement, le Conseil général des Ponts et Chaussées a proposé de modifier les articles du cahier des charges général du 29 octobre 1913 qui concernent le béton armé.

Enfin, comme conséquence de la réforme, on a jugé nécessaire une modification de divers articles du modèle A de devis particulier, afin de les mettre en accord avec le texte nouveau du cahier des charges.

J'ai décidé d'adopter les différents textes qui m'ont été présentés par le Conseil général des Ponts et Chaussées. Vous les trouverez ci-après en annexes, sous les numéros I, II et III.

L'annexe I est constituée par les nouvelles instructions sur l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du Ministère des Travaux Publics, instructions qui remplacent celles du 20 octobre 1906 modifiées par la cir-

culaire du 10 mai 1927. Elles sont accompagnées de commentaires explicatifs disposés en regard des articles ou paragraphes correspondants. Elles sont suivies de quelques exemples de calculs, tirés d'ailleurs des instructions antérieures, le Conseil ayant estimé que ces exemples pourraient dans certains cas, être utiles aux Ingénieurs.

L'annexe II comprend l'ensemble des articles du cahier des charges général intéressant le béton armé, tant ceux qui ont été maintenus tels quels, que ceux qui ont été modifiés.

Enfin, l'annexe III comprend le texte des modifications apportées aux articles intéressant le béton armé dans le modèle A de devis particulier. Ces articles concernent :

Le sable pour mortier et béton;

Les dispositions spéciales au sable de broyage;

Les pierailles;

Les chaux et ciments;

Les ouvrages en béton armé.

Tous les documents à consulter sur le béton armé se trouvent ainsi réunis dans un même fascicule.

Je vous prie d'accuser réception de la présente circulaire.

*Le Ministre des Travaux publics,*

P.-E. FLANDIN.

ANNEXE N° I

A LA CIRCULAIRE SÉRIE A N° 8 DU 19 JUILLET 1934.

---

INSTRUCTIONS

RELATIVES A L'EMPLOI DU BÉTON ARMÉ

DANS LES OUVRAGES

DÉPENDANT DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

ET COMMENTAIRES EXPLICATIFS <sup>(1)</sup>

(1) Les présentes instructions remplacent celles du 20 octobre 1906.

## INSTRUCTIONS

### TITRE PREMIER

#### Nature et qualité des matériaux employés.

##### ARTICLE PREMIER.

###### *Armatures.*

Dans les cas où les armatures seront en acier doux répondant aux spécifications du cahier des charges général pour les travaux dépendant de l'Administration des Ponts et Chaussées, les limites de fatigue admissibles seront celles qui figurent à l'article 12 du règlement du 10 mai 1927 pour le calcul et les épreuves des ponts métalliques <sup>(1)</sup>.

Dans les cas où les Ingénieurs auront prévu l'emploi de métaux de qualité supérieure ou de types différents, ils devront, compte tenu des dispositions à prendre pour éviter la fissuration du béton tendu, formuler, en ce qui touche les limites de fatigue à admettre, des propositions sur lesquelles l'Administration statuera, étant entendu que l'on pourra prendre en général, comme limite de fatigue, la moitié de la limite d'élasticité à la condition que le chiffre ainsi obtenu ne dépasse pas le tiers de la limite de rupture.

Exceptionnellement, on pourra prévoir l'emploi de l'acier doux de qualité inférieure à celle qui est prescrite par le cahier des charges général, sans toutefois qu'aucune des caractéristiques soit inférieure de plus de 10 % à celles du métal défini au premier alinéa du présent article. Dans ce cas, les limites de fatigue admissibles seront abaissées dans le rapport des limites minima exigées pour la résistance à la rupture.

Si des armatures sont constituées par des charpentes assemblées, les limites de fatigue seront calculées sur les sections nettes, trous de rivets déduits\*.

(1) Les limites de fatigue admissibles qui figurent à l'article 12 du règlement du 10 mai 1927 sont :

EXTENSION OU COMPRESSION	GLISSEMENT OU CISAILLEMENT
13 kg.	10 kg. 4
14 kg.	11 kg. 2
14 kg.	11 kg. 2

- 1° Charge permanente + surcharge (majorée s'il y a lieu, des effets dynamiques) + température..
- 2° Charge permanente + surcharge (majorée, s'il y a lieu, des effets dynamiques) + température + vent à 150 kg .....
- 3° Charge permanente + température + vent à 250 kg.....

*N. B. —* Les limites de fatigue prévues aux paragraphes 2° et 3° ci-dessus comprennent la majoration visée à l'article 3 du présent règlement.

## **COMMENTAIRES EXPLICATIFS**

---

### **TITRE PREMIER**

---

#### **Nature et qualité des matériaux employés.**

---

##### **ARTICLE PREMIER.**

\*En général, la justification des limites de fatigue proposées pour les métaux de qualité supérieure ou de types différents de l'acier doux défini au premier alinéa de l'article 1<sup>er</sup> ci-contre, consistera dans l'énonciation des conditions prescrites par le devis particulier en ce qui touche la limite d'élasticité, la limite de rupture, la fragilité et l'allongement de rupture, observation faite qu'il y aura intérêt à ce que ce dernier allongement soit supérieur à 12 %.

## INSTRUCTIONS

---

### ART. 2.

#### *Béton.*

Le béton est composé de matières inertes (sable et pierrailles) de ciment et d'eau.

Il doit satisfaire aux conditions du cahier des charges général en vigueur pour les travaux dépendant de l'Administration des Ponts et Chaussées.

Sous réserve des tolérances prévues à l'article 3 ci-après, et de celles qui seraient motivées par l'emploi de certains dispositifs spéciaux d'armatures (art. 11), les limites de fatigue à admettre pour le béton ne devront pas dépasser, savoir :

1<sup>o</sup> A la compression, les 28/100<sup>e</sup> de la résistance de rupture à la compression, à l'âge de 90 jours;

2<sup>o</sup> A la traction, au cisaillement et à l'adhérence les 20/100<sup>e</sup> de la limite de rupture à la traction au même âge.

En ce qui concerne l'adhérence, le taux de fatigue admis suppose expressément que les barres d'armature correspondantes sont à une distance de la surface libre du béton au moins égale à leur diamètre.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

### ART. 2.

Conformément aux prescriptions du cahier des charges général, les caractéristiques du béton et les épreuves à lui faire subir au cours des travaux (notamment épreuves à 7, 28, 90 jours) seront complètement définies par le devis particulier de chaque projet.

L'emploi du ciment 20/25 est recommandé pour les ouvrages importants.

On considérera le plus fréquemment des bétons présentant les caractéristiques ci-après :

Dimensions maxima du sable : 5 mm.; la proportion de grains fins de ce sable qui passent dans une tôle perforée de trous circulaires de 0,5 mm. de diamètre, restant comprise entre 20 et 35 %.

Dimensions maxima des pierrailles : 25 mm.; les pierrailles de moins de 5 mm. étant comptées comme sable.

Quantités :  $\begin{cases} 800 \text{ litres de pierrailles;} \\ 400 \text{ litres de sable;} \\ 300 \text{ kg. ou 350 kg. ou 400 kg. de ciment 20/25.} \end{cases}$

Durée de malaxage mécanique : 2 à 3 minutes.

Plasticité correspondant à un affaissement compris entre 2 et 10 cm. (1).

On peut alors compter *a priori* que les résistances minima obtenues à 90 jours seront au moins égales aux chiffres du tableau ci-après, et admettre, en conséquence, dans l'élaboration des projets les taux de fatigue inscrits au même tableau.

DOSAGE CIMENT 20/25.	RÉSISTANCE A 90 JOURS		TAUX DE FATIGUE A LA COMPRESSION.	TAUX DE FATIGUE A LA TRACTION A L'ADHÉRENCE AU CISAILLEMENT.		
	A LA COMPRESSION.					
	A LA TRACTION.					
300 kg . . . . .	215 K/cm <sup>2</sup>	30 K/cm <sup>2</sup>	60 K/cm <sup>2</sup>	6 K/cm <sup>2</sup>		
350 kg . . . . .	235 K/cm <sup>2</sup>	32,5 K/cm <sup>2</sup>	65 K/cm <sup>2</sup>	6,5 K/cm <sup>2</sup>		
400 kg . . . . .	250 K/cm <sup>2</sup>	35 K/cm <sup>2</sup>	70 K/cm <sup>2</sup>	7 K/cm <sup>2</sup>		

Dans le cas où on désirerait rechercher un béton de qualité différente, répondant mieux à la destination proposée, soit pour des ouvrages d'importance secondaire, soit pour des ouvrages importants dont l'exécution doit être particulièrement soignée, il conviendra d'instituer des expériences préalables, ayant pour objet de préciser la composition de ce béton, les conditions de sa fabrication et de son emploi, ainsi que les résistances à en attendre. Les prescriptions à insérer au devis particulier résulteront de ces expériences.

(1) Voir article 105 du cahier des charges général.

## INSTRUCTIONS

### TITRE II

#### **Préparation des projets.**

##### **ART. 3.**

###### *Ponts en béton armé.*

Pour les ponts en béton armé, le programme des surcharges à envisager, y compris leurs majorations dynamiques, sera conforme à celui qui est imposé aux ouvrages métalliques de même destination par les règlements en vigueur\*.

Il en sera de même pour la pression du vent, les effets de la température et les influences diverses visées auxdits règlements\*\*.

Lorsqu'on sera amené à cumuler les effets maxima dus à ces dernières causes, avec ceux qui sont dus aux charges permanentes et aux surcharges, il sera permis de relever de 8 % les limites de fatigue de l'acier et du béton admises aux articles 1<sup>er</sup> et 2<sup>(1)</sup>.

##### **ART. 4.**

###### *Halles de chemins de fer et combles.*

Pour les halles de chemins de fer et les combles de toute espèce, on se référera aux règlements en vigueur pour les halles de chemins de fer.

##### **ART. 5.**

###### *Ouvrages divers.*

Les estacades, les planchers et autres parties des bâtiments, les murs de soutènement, les murs de réservoirs, les conduites sous pression et tous autres ouvrages seront calculés en vue des plus grandes surcharges qu'ils auront à supporter soit en service, soit au cours de la construction.

On tiendra compte, suivant les circonstances locales, de l'action du vent et de l'action de la température\*.

(1) Cf. la note (1) au bas de la page 20.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

### TITRE II

#### Préparation des projets.

##### ART. 3.

\*Habituellement, toutes les pièces entrant dans la composition du tablier sont étroitement liées les unes aux autres de manière à former un tout solidaire au point de vue des chocs. Il n'y a pas lieu alors de calculer des coefficients de majoration dynamique spéciaux pour chacune d'elles, mais simplement un coefficient applicable à leur ensemble, *en considérant un carré* ayant pour côté la largeur du tablier entre poutres maîtresses.

\*\*En ce qui concerne la température, il conviendra de justifier la valeur admise dans les calculs pour l'écart maximum de température par rapport à la moyenne. En général, sous le climat de la France, on pourra tabler sur un écart de  $\pm 20^\circ$ .

La prescription relative aux influences diverses vise principalement les ouvrages exécutés dans des conditions exceptionnelles. Il ne s'agit aucunement des réactions mutuelles des différentes pièces de la construction, ni des efforts secondaires qui peuvent en résulter, notamment dans les poutres triangulées et qui doivent faire l'objet de justifications spéciales dans chaque cas.

##### ART. 4.

##### ART. 5.

\*En général, sous le climat de la France, pour les ouvrages à l'air libre et non protégés, on peut tabler sur un écart de température de  $\pm 20^\circ$  par rapport à la moyenne.

## INSTRUCTIONS

### ART. 6.

#### *Retrait.*

En outre des causes envisagées aux articles précédents et toutes les fois qu'il ne s'agira pas d'un ouvrage librement dilatable dans le sens théorique du mot ou de ceux que l'expérience permet de regarder approximativement comme tels, on devra tenir compte des effets du retrait du béton.

A défaut d'indications plus précises sur la valeur limite du raccourcissement proportionnel imposé par le retrait définitif du béton, on admettra le chiffre de 0,0002.

Toutefois, si des dispositions sont prises, soit pour obtenir un béton à faible retrait, soit pour laisser une partie du retrait s'effectuer avant le clavage de l'ouvrage ou avant sa fixation sur ses appuis, on pourra être autorisé à admettre un chiffre plus faible pour ce raccourcissement.

En outre, lorsqu'on cumulera l'effet du retrait avec les effets maxima dus aux charges, aux surcharges, au vent et à la température, il sera permis de compter un raccourcissement total de 0,0003 seulement, pour l'effet combiné du retrait et de l'abaissement maximum de température.

### ART. 7.

#### *Principe général des calculs.*

Toutes les formes des éléments de l'ouvrage, béton et armatures, seront définies exactement par des dessins, croquis, ou tableau d'exécution.

Les armatures enrobées dans le béton devront être disposées de telle manière que l'ensemble forme un tout bien solidaire et qu'en chaque point, les déformations de deux éléments juxtaposés d'acier et de béton puissent être considérées comme égales.

Cela étant supposé, les calculs de déformation et de résistance seront déduits des principes classiques de la résistance des matériaux ou de principes scientifiques équivalents.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

---

### ART. 6.

Le phénomène du retrait du béton armé est encore assez mal connu.

Il peut se poursuivre pendant plusieurs années après la prise, avec des arrêts et même des régressions suivant les circonstances atmosphériques et suivant les circonstances des applications des charges.

Sa valeur dépend, dans une certaine mesure, de la composition du béton. La granulométrie des matières inertes a certainement quelque influence en même temps que la nature de la pâte pure de ciment qui les enrobe. La quantité d'eau de gâchage apparaît comme un des facteurs les plus importants, attendu que la rapidité du retrait, ses arrêts, ses régressions, paraissent en rapport étroit avec la facilité plus ou moins grande d'élimination de l'eau non chimiquement combinée avec le ciment. En agissant sur la granulométrie, sur la quantité d'eau de gâchage, ainsi que sur les moyens de mise en œuvre, il n'est pas impossible de diminuer le retrait final d'un béton.

D'un autre côté, il est souvent possible de prendre des dispositions pour qu'une partie importante du retrait d'un ouvrage soit effectuée avant son achèvement, ou avant la liaison de ses différentes parties entre elles, ou avant sa fixation définitive sur ses appuis.

Il y a donc lieu d'encourager les Ingénieurs à rechercher les moyens propres à diminuer les effets du retrait.

Le retrait produit des efforts intérieurs qui sont fonctions du pourcentage des armatures et qui ne sont pas *a priori* négligeables, même dans les ouvrages librement dilatables.

Ces efforts peuvent être assez souvent indifférents et quelquefois favorables, suivant la destination de la pièce. C'est seulement dans un but de simplification qu'on dispense de leur recherche. Mais si certains Ingénieurs parviennent à les analyser et les prennent en compte, ils seront autorisés à corriger ce que peut avoir d'excessif le chiffre de raccourcissement indiqué.

La tolérance inscrite dans le dernier alinéa de l'article s'inspire notamment de cette considération que l'effet maximum du retrait ne se fait sentir qu'au bout d'un temps assez long, après que le ciment a durci.

### ART. 7.

Les réserves relatives à une solidarisation convenable des divers éléments du béton armé sont essentielles. Elles impliquent, en principe, qu'aucun volume important de béton ne doit demeurer dépourvu d'armatures et que celles-ci doivent être disposées suivant plusieurs directions distinctes.

## INSTRUCTIONS

---

### ART. 8.

#### *Pièces prismatiques. — Déformations d'ensemble.*

Pour rendre applicables à une pièce prismatique en béton armé les règles appliquées aux déformations d'ensemble des poutres formées de matériaux homogènes, on supposera que chacune de ses sections transversales est remplacée par une section homogène fictive, formée de tous les éléments de béton réel auxquels sont ajoutés des éléments fictifs, égaux à ceux des armatures longitudinales, amplifiés dans le rapport  $m = \frac{E_a}{E_b}$  des coefficients d'élasticité du métal et du béton et maintenus d'ailleurs à leurs places relatives.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

Si on a satisfait convenablement à ces réserves, les principes de la résistance des matériaux pourront, en général, fournir un ensemble cohérent de déductions logiques, comme pour un matériau unique, grossièrement homogène et doué d'élasticité dans un certain domaine d'applications. Dans certaines limites, les déformations locales resteront proportionnelles aux forces appliquées et disparaîtront avec ces forces. Les tensions dans deux éléments juxtaposés de béton et de métal pourront alors être considérées comme proportionnelles à ces déformations et proportionnelles aussi aux coefficients d'élasticité respectifs de ces éléments.

Au delà de ces limites (qui définissent le domaine élastique), les déformations peuvent devenir telles, dans certaines régions, que, tout au moins pour le béton, les principes de la résistance des matériaux tombent en défaut et ne puissent plus, dans ces mêmes régions, servir à autre chose qu'à manifester le sens général des phénomènes. La prudence commande alors de suivre d'autres règles en ce qui concerne l'appréciation des tensions ou des fatigues locales. Toutefois, il arrive que presque toujours l'étendue des régions qui cessent d'être élastiques est d'abord faible par rapport à l'ensemble de celles qui le sont demeurées.

On peut donc, lorsqu'il s'agit uniquement d'apprécier les déformations d'ensemble de la construction, continuer à admettre des règles qui ne sont, en toute rigueur, valables que pour le domaine élastique. En opérant ainsi, on fait une extrapolation qui ne saurait entraîner d'erreurs graves, au moins dans des limites suffisantes pour la pratique.

En rappelant les principes de la résistance des matériaux ou des principes équivalents, l'Administration n'entend nullement limiter la liberté des Ingénieurs dans leurs recherches et dans leurs justifications.

### ART. 8.

L'expérience confirme la règle posée ci-contre, en ce qui concerne les pièces prismatiques, et dans les limites où se maintiennent en pratique les déformations et les efforts. En se bornant aux pièces prismatiques, on peut, d'un autre côté, généraliser l'hypothèse dite de Bernoulli ou de Navier, concernant les déplacements relatifs des points correspondants de deux sections transversales voisines.

Dès lors, *en ce qui concerne leurs déformations*, toutes les règles usuelles de la résistance des matériaux se trouvent applicables, pourvu que l'on envisage, à la place de la section transversale réelle, une section fictive, considérée comme homogène.

Tous les éléments réels ou fictifs sont alors considérés comme ayant le même coefficient d'élasticité  $E_b$ .

## INSTRUCTIONS

### ART. 9.

#### *Fatigues locales des pièces prismatiques.*

En ce qui concerne le calcul des fatigues locales des pièces prismatiques, il convient de distinguer plusieurs cas\*.

##### *A. Pièces soumises à une compression simple.*

Si l'on a déterminé la section « rendue homogène » comme il a été dit ci-dessus, on calculera le taux de fatigue du béton en faisant le quotient de la force de compression par l'aire totale de cette section. Le taux de fatigue dans une armature, rapportée à son aire réelle, sera égal audit quotient multiplié par le coefficient  $m$ .

Le tout, sous réserve des dispositions des articles 10 et 11 ci-après.

##### *B. Pièces soumises à une traction simple.*

On admettra que les armatures longitudinales supportent seules l'effort total de traction\*\*.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

La seule difficulté est de fixer le coefficient de majoration  $m$ , rapport des coefficients d'élasticité des armatures et du béton. On sait que  $E_a$  demeure au voisinage de  $2,2 \times 10^{10}$ . Mais on est beaucoup moins bien fixé sur la valeur de  $E_b$  à prendre en compte. Cela tient à ce qu'elle est assez variable suivant la composition du béton employé, et que, pour un béton déterminé, elle varie avec son âge, les conditions de son emploi, la nature, la grandeur et la durée d'application des efforts supportés.

Les limites extrêmes habituellement envisagées sont  $1,5 \times 10^9$  et  $4 \times 10^9$ .

Les instructions de 1906 admettaient que  $m$  était compris entre 8 et 15 et donnaient quelques indications pour le déterminer dans ces limites.

Il ne semble pas y avoir inconvénient à adopter un chiffre unique et à prendre  $m = 10$ , au moins d'une manière courante, pour les bétons ordinaires, à l'âge où ils se trouvent au moment de la mise en service des ouvrages.

Au surplus, ce coefficient étant un simple élément de calcul, il reste toujours loisible aux Ingénieurs de proposer un coefficient  $m$  différent de 10, quand ils estiment que ce coefficient n'est pas en rapport avec la qualité du béton employé par eux, ou avec les circonstances en vue desquelles ils effectuent leurs calculs.

### ART. 9.

\*Cet article, comme les suivants, ne vise qu'à la justification des dispositions essentielles d'un ouvrage, supposées préalablement déterminées.

\*\*La règle posée à l'article 9 B est une règle de prudence qui s'explique d'elle-même. Elle ne prétend aucunement à définir le système réel des tensions sur toute la longueur de la pièce, car les sections où le béton se trouve réellement fissuré en totalité sont très exceptionnelles.

Il peut être quelquefois utile d'avoir, pour les sections demeurées saines, une détermination au moins approchée des tensions réelles dans le béton et les armatures. On pourra valablement recourir à un calcul analogue à celui qui a été indiqué au paragraphe A pour la compression, tant que la fatigue trouvée pour le béton restera inférieure à sa limite élastique à la traction, laquelle peut être évaluée entre 20 et 25 kg. par  $\text{cm}^2$  pour les bétons ordinaires visés dans les commentaires de l'article 2. Au delà, il faudrait appliquer la règle de Considère sur l'étrage du béton associé aux armatures.

Il est recommandable, toutes les fois que cela est possible, de prendre des dispositions telles que le béton tendu n'entre pas dans sa phase d'étrage.

## INSTRUCTIONS

### *C. Pièces soumises à une flexion simple ou composée.*

#### *a. Effets de l'effort normal et du moment fléchissant.*

Si l'application des règles usuelles de la résistance des matériaux à la section « rendue homogène » fait reconnaître qu'il n'y a nulle part de traction dans le béton, on admettra que la distribution réelle des tensions normales à la section est conforme à celle fournie par ces règles.

Dans le cas contraire, on envisagera une section réduite, obtenue par la suppression d'une certaine tranche de béton, et on vérifiera que cette section réduite satisfait à la condition précédente\*\*\*.

#### *b. Effet de l'effort tranchant.*

En ce qui concerne l'effort tranchant, on envisagera la section réduite précédente, et la répartition des tensions tangentialles en ses différents points sera déduite des règles usuelles de la résistance des matériaux ou de règles équivalentes.

La connaissance simultanée des tensions normales et tangentialles en différents points de la section permettra de poursuivre, s'il y a lieu, la recherche en ces mêmes points des tensions principales et de leurs directions, ainsi que des tensions tangentialles maxima et de leurs directions.

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\*\*\*\*.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

\*\*\*Lorsque l'on se trouve dans le cas visé au second alinéa du paragraphe C-a, il existe une section réduite particulière, telle que, à la limite du béton conservé, il n'y aurait théoriquement ni traction, ni compression. Il peut être commode, dans certains cas simples, de déterminer cette section particulière au moyen de l'équation de condition qui la définit et dont des exemples figurent en annexe aux présentes instructions. Mais, dans le cas général, cette équation est compliquée et sa résolution exacte est sans intérêt. Toute section réduite suffisamment approchée, soit par excès, soit par défaut, conduit en pratique sensiblement aux mêmes résultats pour les fatigues des armatures tendues et du béton comprimé. Du reste, les variations de ces fatigues sont alors extrêmement lentes au regard de celle de la section réduite elle-même.

En conséquence, les instructions n'exigent rien en ce qui concerne le travail préalable de recherche d'une section réduite convenable, travail qui peut être conduit, au gré de chacun, par l'un quelconque des moyens à sa disposition : précédents, tableaux, abaques, etc.

La seule chose qui soit demandée et qui, seule, importe, c'est de vérifier directement, par les procédés les plus usuels, que la section réduite admise satisfait bien à la condition de sécurité imposée et ne comporte aucune traction dans le béton pris en compte.

\*\*\*\*En prescrivant que dans les calculs de répartition de l'effort tranchant on prendra en compte la section réduite au lieu de la section entière, on néglige ce fait que le maximum correspondant à la section entière est un peu plus élevé que celui correspondant à la section réduite. On a voulu ainsi simplifier un peu les calculs, les rendre en outre cohérents avec ceux qui concernent les tensions normales, et enfin ne pas réformer sans nécessité réelle des habitudes acquises.

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.

## INSTRUCTIONS

### *c. Adhérence des armatures et du béton.*

Il est nécessaire également de vérifier les efforts d'adhérence qui s'exercent suivant la surface de contact des armatures principales tendues et du béton en les calculant sur la même section réduite que précédemment. Cette vérification se fera d'après les mêmes principes\*\*\*\*\*.

### ART. 10.

#### *Flambement.*

Pour les pièces comprimées, on s'assurera qu'elles ne sont pas exposées à flamber. Toutefois, on pourra s'en dispenser pour les pièces dont l'élancement (rapport de la hauteur à la plus faible dimension transversale) est inférieur à 20 et dont la fatigue à la compression ne dépasse pas la limite définie à l'article 2\*.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

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 les  $4/5^{\text{e}}$  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.

\*\*\*\*\*En ce qui concerne l'adhérence, il est souvent possible de réaliser une bonne solidarité des armatures avec une masse de béton située au delà de la zone des décollements à craindre, soit en assurant la continuité de ces armatures lorsqu'il s'agit de poutres à plusieurs travées, soit en munissant l'extrémité des armatures de crochets satisfaisant aux conditions de l'article 15 ci-après et intéressant en outre une masse de béton aussi grande que possible. S'il en est ainsi, on pourra majorer la limite de fatigue définie à l'article 2 et la multiplier par un coefficient variable suivant les dispositions prises et limité à un maximum qui peut être fixé à 2,5 dans le cas de barres continues, et à 2 dans les autres cas.

### ART. 10.

\*On peut faire usage de la règle de Rankine qui, dans les circonstances ordinaires, se traduit par l'inégalité suivante :

$$\frac{N}{S} \left[ 1 + \frac{Kl^2}{10\ 000\ r^2} \right] \leq R_b$$

$N$  est l'effort de compression,  $l$  est la longueur de la pièce;

$r$  est le rayon de giration minimum de la section transversale,  $R_b$  est la limite de fatigue admise pour le béton, et  $K$  est un coefficient numérique qui dépend des conditions auxquelles la pièce est soumise à ses extrémités et qui a les valeurs ci-après :

$K = 1$  (pièce articulée aux 2 bouts);

$K = 1/4$  (pièce encastrée aux 2 bouts);

$K = 1/2$  (pièce encastrée à 1 bout, articulée à l'autre);

$K = 4$  (pièce encastrée à 1 bout, libre à l'autre).

On pourra prendre des valeurs intermédiaires pour tenir compte de l'imperfection des encastrements.

Si la pièce est soumise, en même temps qu'à l'effort de compression  $N$ , à un moment fléchissant  $M$  non négligeable, on généralisera la règle de Rankine, en ajoutant au premier membre de l'inégalité ci-dessus, le terme  $\frac{Mh}{I}$  qui représente la fatigue maxima à la flexion.

## INSTRUCTIONS

Dans les pièces comprimées, des liaisons efficaces, espacées au maximum de douze fois le diamètre des armatures longitudinales, seront réalisées entre ces armatures\*\*.

### ART. 11.

#### *Frettage.*

Lorsque le béton sera fretté, c'est-à-dire lorsqu'il comportera des armatures spéciales disposées de manière à s'opposer plus ou moins à son gonflement sous l'influence de la compression longitudinale qu'il supporte, on admettra pour le béton une majoration de sa résistance à la compression.

Cette majoration tiendra compte à la fois du volume et des formes de ces armatures spéciales.

En aucun cas, la nouvelle limite de fatigue admise ne devra dépasser les soixante centièmes (0,60) de la résistance à la rupture à la compression telle qu'elle est définie à l'article 2.

### ART. 12.

#### *Distances minima des armatures entre elles et aux parois des coffrages.*

Les distances des armatures principales entre elles et aux parois des coffrages seront suffisantes pour permettre l'accès facile autour de chacune d'elles des plus gros éléments employés dans la constitution du béton, ainsi que le remplissage de tous les vides.

Les distances des armatures aux parois ne descendront pas au-dessous de 35 mm. s'il s'agit d'ouvrages à la mer, ou de 20 mm. s'il s'agit d'autres ouvrages.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

\*\*On ne considérera pas comme efficaces de simples liaisons exécutées au moyen de fils d'un diamètre inférieur à 3 mm.

### ART. 11.

On pourra admettre que les armatures transversales et les frettages multiplient la résistance à l'écrasement d'un prisme, de béton par un coefficient de la forme :

$$1 + m' \frac{V'}{V}$$

$V'$  étant le volume des armatures transversales ou des frettes,  $V$  le volume du béton pour une même longueur du prisme et  $m'$  un coefficient variable d'après les dispositions adoptées.

Ce coefficient  $m'$  doit d'abord tenir compte de l'espacement  $e$  des frettes, ou des groupes d'armatures transversales. On peut admettre qu'il n'y a plus de frettage efficace lorsque le rapport de cet espacement  $e$ , à la plus petite dimension transversale  $b$  de la pièce, est supérieur à 1/2.

En conséquence, une formule de la forme :

$$m' = \mu \left( 1 - 2 \frac{e}{b} \right) \text{ paraît appropriée.}$$

Quant au coefficient  $\mu$ , on le prendra égal à 55 dans le cas de frettes hélicoïdales continues, dans le cas de frettes circulaires formant des anneaux complets, ou bien encore dans le cas d'un quadrillage de deux nappes de barres repliées et formant dans chacune de ces nappes une suite d'épingles à cheveux alternées ( $e$  représente dans ce cas la distance de deux nappes de même orientation).

On prendra  $\mu = 30$  dans le cas de frettes rectangulaires fermées, pourvu que le rapport de la plus grande dimension à la plus petite n'excède pas 1,5.

### ART. 12.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas aux croisements d'armatures principales ayant des directions différentes, ni aux croisements des armatures principales avec les armatures transversales (ou étriers), ni aux distances de ces dernières avec les coffrages.

En général, lorsqu'il s'agit d'armatures principales isolées, ces prescriptions exigent que les distances des armatures entre elles et aux parois des coffrages soient au moins égales au diamètre des plus gros éléments du béton augmenté de 5 mm.

Il est rappelé que le taux de fatigue admis pour l'adhérence à l'article 2 suppose d'autre part que les armatures sont à une distance de la surface libre du béton au moins égale à leur diamètre.

## INSTRUCTIONS

### ART. 13.

#### *Courbure des armatures.*

Le rayon de courbure intérieur des crochets placés à l'extrémité des armatures ne devra pas descendre au-dessous de deux fois le diamètre de ces armatures. En dehors de ce cas, les armatures pliées ou cintrees seront tracées avec des rayons de courbure intérieure au moins égaux à dix fois leur diamètre. En outre, elles seront maintenues par des ancrages, ou par des frettages spéciaux, aux points où les réactions latérales correspondant à leur courbure tendraient à chasser vers l'extérieur le béton qui les entoure.

### ART. 14.

#### *Nervure associée à un hourdis.*

La largeur du hourdis à prendre en compte de chaque côté de la nervure ne doit pas dépasser la moitié de l'intervalle existant entre deux poutres parallèles, ni le sixième de la portée de la poutre.

### ART. 15.

#### *Règles relatives aux dalles et hourdis de forme rectangulaire.*

Les dalles et hourdis de forme rectangulaire doivent être munis de deux séries d'armatures orthogonales.

Les armatures secondaires, ou armatures de répartition, disposées dans le sens de la plus grande portée, doivent en général avoir par mètre courant une section totale au moins égale à la moitié de la section par mètre courant des armatures principales disposées dans le sens de la plus faible portée.

La distance d'axe en axe des armatures ne doit pas dépasser le double de l'épaisseur de la dalle en ce qui concerne les armatures principales, ou le triple de cette même épaisseur en ce qui concerne les armatures secondaires.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

Lorsque certaines nécessités constructives conduiront à s'écartier des règles ainsi tracées, et conduiront notamment à prévoir la réunion de certaines armatures en paquets avec contact des unes aux autres, les Ingénieurs devront faire des propositions spéciales pour le taux d'adhérence à admettre pour chaque paquet, en réduisant d'ailleurs pour chacun des paquets la surface de contact utile à la surface convexe minima qui peut lui être circonscrite.

### ART. 13.

### ART. 14.

Les deux règles ci-contre sont inspirées de celles qui étaient formulées dans les précédentes instructions.

On conserve sans changement celle qui était basée sur la considération de la portée de la poutre. On admet, d'autre part, que pour des poutres suffisamment rapprochées tout le hourdis intermédiaire puisse être intéressé dans la flexion.

On abandonne enfin toute limitation basée sur la considération de l'épaisseur du hourdis, étant donné que les règles à suivre pour l'effort tranchant et le cisaillement à la jonction du hourdis et de la nervure conduiront automatiquement à une limitation efficace.

### ART. 15.

Dans les conditions indiquées ci-contre, on pourra admettre pour le calcul des moments fléchissants et des efforts tranchants les règles applicables aux dalles d'épaisseur constante et formées d'un matériau homogène.

Les inégalités de constitution des sections n'interviendront que pour le calcul des fatigues locales.

Dans les mêmes conditions, on pourra admettre que toute charge localisée agissant à la surface de la dalle sur un petit rectangle de dimensions données équivaut à une charge uniformément répartie agissant sur le plan moyen de la dalle et suivant un rectangle dont les dimensions seront celles du précédent, augmentées de l'épaisseur de la dalle.

Si la charge est transmise à la surface de la dalle par l'intermédiaire d'un remblai, d'un ballast, ou d'une couche de béton, on pourra admettre, en outre, que les dimensions du rectangle d'application sont augmentées de deux fois l'épaisseur de la couche répartitrice intermédiaire.

## INSTRUCTIONS

### TITRE III

#### **Mode d'exécution et épreuves des ouvrages.**

##### ART. 16.

###### *Mode d'exécution des ouvrages.*

Le béton armé sera exécuté conformément aux prescriptions du cahier des charges général pour les travaux dépendant de l'Administration des Ponts et Chaussées.

##### ART. 17.

###### *Épreuves des ouvrages.*

Les ponts en béton armé seront éprouvés de la manière prescrite pour les ponts métalliques par les règlements en vigueur.

Les combles seront éprouvés de la manière prescrite par les règlements en vigueur sur les halles de chemin de fer.

Les planchers seront soumis à une épreuve consistant à appliquer les charges et surcharges prévues soit à la totalité du plancher, soit au moins à une travée entière.

## COMMENTAIRES EXPLICATIFS

### TITRE III

#### Mode d'exécution et épreuves des ouvrages.

##### ART. 16.

Il convient de rappeler à nouveau que le béton armé ne vaut que par la perfection de son exécution. Les accidents survenus sont, en général, dus à la médiocre qualité des matériaux ou à leur mauvais emploi. Il importe donc d'exercer une surveillance toute spéciale sur la provenance, la qualité des matériaux, leur dosage, celui de l'eau employée à la confection du béton, le damage, le bourrage du béton le long des armatures, le solide arrimage de celles-ci, etc.

Il est indiqué, en particulier, qu'il faut veiller avec le plus grand soin à l'étude et à l'exécution des surfaces de reprises du béton, à travers lesquelles la transmission des efforts de cisaillement doit être assurée par les armatures générales et au besoin par des barres spéciales.

##### ART. 17.

Pour les ouvrages de quelque importance, il est recommandé d'employer des appareils enregistreurs pour la constatation des flèches.

EXEMPLES DE CALCULS  
POUR  
L'APPLICATION DES NOUVELLES INSTRUCTIONS  
RELATIVES  
A L'EMPLOI DU BÉTON ARMÉ

## CALCUL D'UNE NERVURE ASSOCIÉE A UN HOURDIS

### *Effets de l'effort normal et du moment fléchissant.*

Soit un hourdis (fig. 1) assimilé à un simple T, dont la hauteur est  $h$ , la largeur d'aile  $b$ , la largeur de la nervure  $b'$ , l'épaisseur d'aile  $\epsilon$  et dont l'armature du côté de la compression a une section totale  $\omega$ , sa distance moyenne au parement comprimé étant  $d$ , et celle du côté de l'extension,

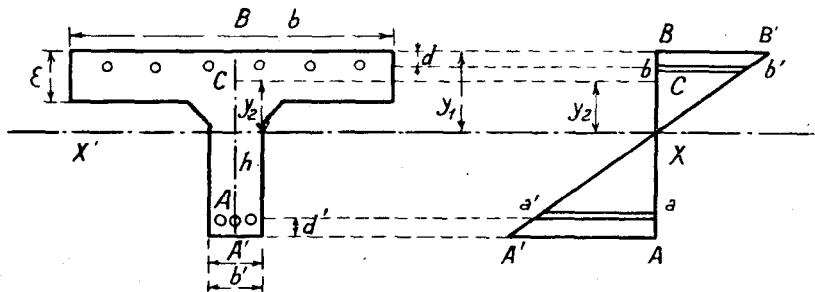


Fig. 1.

Fig. 2

une section  $\omega'$ , à une distance moyenne  $d'$  du parement tendu. Si la première n'existe pas, on ferait  $\omega = 0$ .

Soit  $y_1$ , la distance inconnue de l'axe neutre  $X'X$  au parement comprimé B. Sur la figure 2, la section du hourdis est projetée suivant la droite AB. Les ordonnées de la droite  $XB'$  représentent les compressions du béton et, au facteur  $m$  près, l'ordonnée  $bb'$  représente la compression de l'armature comprimée, et  $aa'$  représente la tension de l'armature tendue. Soit  $K$  le coefficient angulaire de la droite  $B'XA'$  ou la tangente trigonométrique de l'angle  $B'XB$ .

a. *Flexion simple.* — S'il s'agit de la flexion simple,  $N = 0$ ; en écrivant que les forces élastiques se réduisent au couple de flexion  $M$ , c'est-à-dire que leur somme est nulle et que la somme de leurs moments relativement à n'importe quel point, par exemple au point B, est égale à  $M$ , on obtient pour déterminer la distance  $XB = y_1$  de l'axe neutre à la face comprimée, l'équation du second degré :

$$(1) \quad 0 = \frac{b'y_1^2}{2} + (b - b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) + m\omega(y_1 - d) - m\omega'(h - d' - y_1),$$

puis, pour déterminer le coefficient angulaire  $K$  :

$$(2) \quad \frac{M}{K} = \frac{b'y_1^3}{6} + (b - b')\varepsilon^2\left(\frac{y_1}{2} - \frac{\varepsilon}{3}\right) + m\omega(y_1 - d)d - m\omega'(h - d' - y_1)(h - d')$$

où le second membre est connu, ainsi que  $M$ .

Ces formules supposent implicitement que l'axe neutre tombe dans la nervure. S'il tombe dans le houardis, il suffit dans les formules précédentes de faire  $b' = b$ , ce qui donne :

$$(3) \quad 0 = \frac{by_1^2}{2} + m\omega(y_1 - d) - m\omega'(h - d' - y_1);$$

$$(4) \quad \frac{M}{K} = \frac{by_1^3}{6} + m\omega(y_1 - d)d - m\omega'(h - d' - y_1)(h - d')$$

Pour savoir où tombera la fibre neutre et, par conséquent, si c'est la formule (1) ou la formule (3) qui déterminera la position de la fibre neutre, il suffit, dans le second membre de (1), de remplacer  $y_1$  par  $\varepsilon_1$ , ce qui donne :

$$\frac{b\varepsilon^2}{2} + m\omega(\varepsilon - d) - m\omega'(h - d' - \varepsilon).$$

Si la valeur numérique de cette expression est positive, l'axe neutre tombe dans le houardis et se détermine par la formule (3). C'est l'inverse si cette valeur numérique est négative.

Les formules (3) et (4) s'appliquent aussi à une section rectangulaire de base  $b$  et de hauteur  $h$ .

Quand on a déterminé les deux inconnues  $y_1$  et  $K$ , on aura pour la compression maximum  $R_b$  du béton :

$$(5) \quad R_b = Ky_1$$

pour la compression  $R_a$  et l'extension  $R'_a$  des armatures :

$$(6) \quad R_a = mK(y_1 - d);$$
$$R'_a = mK(h - d' - y_1).$$

b. *Flexion composée*. — On connaît dans ce cas la compression N et la position du centre de pression C, point d'application de la résultante des forces extérieures. Désignons par  $c$  la distance de ce point à la face comprimée, cette distance étant comptée positivement si C tombe dans la section, négativement dans le cas contraire. Il paraît plus commode ici de déterminer la position de la fibre neutre par sa distance  $XC = y_2$  au centre de pression C que par sa distance  $y_1$  au parement comprimé. On écrira que la résultante des forces élastiques coïncide avec N. Donc, la somme des moments des forces élastiques par rapport au point C est nulle, ce qui donne une équation du troisième degré servant à déterminer  $y_2$ , c'est-à-dire la position de l'axe neutre X'XC. Cette équation, dans le cas où cet axe tombe dans la nervure, est la suivante :

$$(7) \quad \frac{b'y_2^3}{6} - b \left[ \frac{c^2}{2} y_2 + \frac{c^3}{3} \right] + (b - b') \left[ \frac{(-c + \varepsilon)^2}{2} y_2 - \frac{(-c + \varepsilon)^3}{3} \right] + m\omega (y_2 + c - d) (-c + d) - m\omega' (h - d' - c - y_2) (h - d' - c) = 0.$$

On voit que cette équation est de la forme :

$$(8) \quad y_2^3 + py_2 + q = 0,$$

les coefficients numériquement connus  $p$  et  $q$  ayant les expressions suivantes :

$$(9) \quad p = -\frac{3b}{b'}c^2 + 3\left(\frac{b}{b'} - 1\right)(c - \varepsilon)^2 - \frac{6m\omega}{b'}(c - d) + \frac{6m\omega'}{b'}(h - d' - c);$$

$$q = -\frac{2b}{b'}c^3 + 2\left(\frac{b}{b'} - 1\right)(c - \varepsilon)^3 - \frac{6m\omega}{b'}(c - d)^2 - \frac{6m\omega'}{b'}(h - d' - c)^2.$$

Le terme en  $y_2^3$  manque, ce qui facilite la résolution de l'équation et justifie l'emploi fait de l'inconnue  $y_2$ .

Quand  $y_2$  a été trouvée, on obtient l'inconnue auxiliaire K immédiatement par l'équation :

$$(10) \quad \frac{N}{K} = \frac{b'y_2^3}{2} + bc\left(y_2 + \frac{c}{2}\right) + (b - b') \left[ (-c + \varepsilon)y_2 - \frac{(-c + \varepsilon)^2}{2} \right] + m\omega[y_2 + c - d] - m\omega'[h - d' - c - y_2].$$

où le second membre est connu ainsi que N.

Ces formules supposent que l'axe neutre tombe dans la nervure. S'il tombe dans le houardis, comme aussi dans le cas d'une section rectangulaire de base  $b$  et de hauteur  $h$ , il suffit d'y faire  $b' = b$ , ce qui donne :

$$(11) \quad p = -3c^2 - \frac{6m\omega}{b}(c - d) + \frac{6m\omega'}{b}(h - d' - c)$$

$$(12) \quad q = -2c^3 - \frac{6m\omega}{b}(c - d)^2 - \frac{6m\omega'}{b}(h - d' - c)^2.$$

Enfin, dans le cas d'un hourdis, pour savoir si l'axe neutre tombe dans la nervure ou dans le hourdis, il suffira de vérifier si le premier membre de l'équation (8) a, ou non, des signes contraires, aux deux extrémités de la nervure.

Quand les inconnues  $y_2$  et  $K$  seront déterminées, on tirera de la première :

$$(13) \quad y_1 = y_2 + c$$

pour la distance de l'axe neutre au parement comprimé, et alors la compression  $R_b$  du béton, la compression  $R_a$  et la tension  $R'_a$  des armatures par unité de surface se déterminent par les formules (5) et (6).



ANNEXE N° II

A LA CIRCULAIRE SÉRIE A N° 8 DU 19 JUILLET 1934

---

NOUVELLE RÉDACTION

DES ARTICLES DU CAHIER DES CHARGES GÉNÉRALES

DU 29 OCTOBRE 1913

INTÉRESSANT LE BÉTON ARMÉ



NOUVELLE RÉDACTION  
DES ARTICLES DU CAHIER DES CHARGES GÉNÉRAL  
DU 29 OCTOBRE 1913  
INTÉRESSANT LE BÉTON ARMÉ

ART. 10.

Le sable sera exempt de toute matière terreuse ou marneuse, bien criant à la main, ne s'y attachant pas, passé à la claire et lavé, si l'Ingénieur en reconnaît la nécessité. Il ne devra pas contenir de matière susceptible d'altérer le ciment, et, le cas échéant, les armatures métalliques.

Le devis particulier fixe la grosseur, et, s'il y a lieu, la composition granulométrique du sable, suivant sa destination. Il indique aussi, quand il prévoit l'emploi du sable de broyage, les conditions particulières auxquelles ce sable doit satisfaire.

Sable  
pour  
mortier et béton.

ART. 11.

Les pierrailles (pierres cassées, cailloux ou graviers), destinées à la confection du béton, seront choisies parmi les matériaux les plus durs des provenances indiquées. Les matériaux gélifs, les galets tendres et friables seront rejettés.

Les pierrailles pour béton seront complètement purgées de terre, passées à la claire et lavées, si l'Ingénieur en reconnaît la nécessité.

Elles auront les dimensions fixées par le devis particulier.  
Le cassage sera fait hors du lieu d'emploi.

Pierrailles  
pour béton.

ART. 22.

Le devis particulier indique si la fourniture des chaux et des ciments nécessaires pour l'exécution des maçonneries fait ou non partie de l'entreprise.

Chaux  
et ciments<sup>(1)</sup>.

(1) Sans changement.

Dans le premier cas, il fixe les conditions de recette auxquelles les chaux et ciments doivent satisfaire.

ART. 23.

Emmagasinage  
des  
chaux et ciments.

a. *Chaux et ciments fournis par l'entrepreneur.* — Lorsque l'entreprise comprendra la fourniture des chaux et ciments, le devis particulier spécifiera les conditions auxquelles doivent satisfaire, quant à leur contenance, les locaux affectés à l'emmagasinage de ces produits sur les chantiers;

b. *Chaux et ciments fournis par l'Administration.* — Lorsque les chaux et ciments seront fournis par l'Administration, l'entrepreneur en prendra livraison aux endroits désignés par le devis particulier, en présence d'un agent de l'Administration; à partir de ce moment, il sera responsable de leur conservation.

Il en effectuera les chargement, transport et déchargement, ainsi que l'arrimage dans les magasins qu'il sera tenu de construire à ses frais, à proximité des ateliers de fabrication du mortier et du béton.

Ces magasins auront des dimensions telles qu'ils puissent contenir un approvisionnement suffisant pour le nombre de journées de travail qui sera fixé par le devis particulier; ce nombre de journées variera suivant que l'approvisionnement en gros et l'approvisionnement de détail seront assurés par le même magasin ou par des magasins distincts; ils seront bien clos, planchetés et fermés par deux clefs distinctes, dont l'une restera entre les mains d'un Agent de l'Administration.

L'entrepreneur entretiendra dans chacun d'eux une bascule avec une série complète de poids.

L'entrepreneur sera responsable de la conservation des sacs et devra, quand ils seront vides, les remettre aux endroits indiqués par le devis particulier, entre les mains de l'Agent préposé à cet effet.

Il sera pratiqué, par sac non rendu, sur les sommes dues à l'entrepreneur, une retenue dont le montant est fixé par le devis particulier; cette retenue n'est pas passible du rabais de l'adjudication.

ART. 28.

Aciers laminés.

Les aciers laminés devront être bien soudés, ni aigres, ni cassants, malléables, exempts de pailles, criques, stries, fissures, gerçures et souflures.

Les tôles et les plats, ainsi que les âmes et ailes des profilés, auront des surfaces nettes et planes.

Les tranches cisaiillées à froid devront être unies, sans déchirures ni éclats de métal.

On refusera les pièces qui se fendront ou s'ouvriront sous le poinçon, qui se déchireront ou donneront des criques quand on voudra les courber, ployer ou cisaiiller, ou y exécuter un travail quelconque de forage ou de rivure.

Les aciers laminés seront soumis aux épreuves suivantes :

Épreuves à la traction, applicables à tous les aciers laminés;

Épreuves de pliage à froid, applicables à tous les aciers laminés;

Épreuves de poinçonnage à froid, applicables aux tôles, plats et profilés;

Épreuves de pliage à chaud, applicables aux profilés;

Épreuves de fragilité pour les barres destinées au béton armé.

Ces épreuves seront exécutées dans les conditions définies ci-après :

a) *Épreuves à la traction.* — Les éprouvettes seront des barrettes découpées à froid.

Pour les tôles, plats et barres carrées ou profilées, les barrettes auront une section rectangulaire. Leur épaisseur sera celle de la pièce à essayer, sauf dans le cas particulier visé au quatrième alinéa du présent paragraphe; leur largeur sera de trente millimètres (0 m. 030) lorsque l'épaisseur de la pièce sera inférieure ou égale à dix millimètres (0 m. 010), et de vingt-cinq millimètres (0 m. 025) lorsque cette épaisseur dépassera dix millimètres (0 m. 010).

Pour les barres rondes, les éprouvettes seront brutes.

La longueur entre repères de la partie prismatique ou cylindrique sur laquelle on mesurera l'allongement sera déterminée par la formule :

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

S désignant la section de la barrette. Lorsque les dimensions des pièces à essayer ne permettront pas de découper des barrettes ayant la longueur L qui résulterait de l'application de cette formule, on emploiera des éprouvettes de cent millimètres (0 m. 100) de longueur utile et de cent cinquante millimètres carrés (150 mm<sup>2</sup>) de section.

Les éprouvettes prélevées dans les aciers laminés ne devront jamais être recuites.

Le tableau suivant indique les conditions minima de résistance et d'allongement auxquelles devront satisfaire toutes les éprouvettes, tant en long, c'est-à-dire dans le sens du laminage, qu'en travers, c'est-à-dire dans le sens perpendiculaire au laminage.

Les essais en travers à la traction ne seront faits que si la largeur de l'échantillon permet de découper des éprouvettes de cent millimètres (0 m. 100) au moins de longueur utile.

Lorsque les éprouvettes seront prélevées dans des tôles striées, on enlèvera les stries avant de procéder aux essais.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES	CHARGES EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE LA SECTION PRIMITIVE		ALLONGE- MENTS DE RUPTURE MESURÉS ENTRE REPÈRES
	à la limite d'élasticité	à la rupture	
Tôles unies, plats, et barres rondes, carrées ou profi- lées . . . . .	24	42	25 %
Tôles striées. . . . .	20	40	20 %

b) *Épreuves de pliage à froid.* — Les éprouvettes de deux cent cinquante millimètres (0 m. 250) de longueur et de quarante millimètres (0 m. 040) de largeur, ayant l'épaisseur de la pièce soumise aux essais et n'ayant subi ni trempe, ni recuit, devront pouvoir être pliées en leur milieu, de telle sorte que les deux moitiés s'appliquent complètement l'une sur l'autre sur toute leur longueur, sans qu'il se manifeste aucune fissure dans la partie courbée.

Les éprouvettes pourront être découpées à la cisaille, mais, dans ce cas, les tranches seront rabotées ou meulées sur deux millimètres (0 m. 002) environ d'épaisseur au droit de la section de pliage.

Lorsque les pièces soumises aux essais auront plus de vingt millimètres (0 m. 020) de diamètre ou de côté, les dimensions des éprouvettes seront réduites à vingt millimètres (0 m. 020).

Les tôles striées et les tôles ondulées et galvanisées devront satisfaire aux mêmes épreuves de pliage que les tôles noires de la même catégorie. Les tôles galvanisées devront, en outre, pouvoir s'enrouler sur un diamètre égal à six fois l'épaisseur de la tôle, sans que la couche de zinc se fendille.

c) *Épreuves de poinçonnage.* — Les tôles, plats et profilés devront, sans qu'il se manifeste aucune trace de fente, supporter à froid le poinçonnage de trous de vingt et un millimètres (0 m. 021) de diamètre, dont le centre sera placé à quinze millimètres (0 m. 015) de l'extrémité. Les tranches cisaillées pourront être meulées sur deux millimètres (0 m. 002) d'épaisseur.

d) *Épreuves de pliage à chaud.* — Les épreuves de pliage à chaud seront faites à la température du rouge clair, en une seule chauffe, dans les conditions ci-après :

Un bout prélevé dans une cornière sera ouvert jusqu'à ce que les faces extérieures des deux branches soient dans le même plan.

Un bout coupé dans une seconde cornière sera fermé jusqu'à ce que les deux branches soient en contact sur toute leur surface.

Les morceaux ainsi essayés ne devront présenter ni gercures, ni déchirures, ni fentes longitudinales.

Les épreuves ci-dessus sont applicables aux barres à **T**, à double **T** et à **U**.

e) *Épreuves de fragilité.* — Des essais de fragilité seront toujours exécutés pour les barres rondes devant entrer dans la constitution des ouvrages en béton armé. Ils seront conduits de la manière suivante :

Une éprouvette prélevée à la cisaille et d'une longueur de 10 diamètres sera percée en son milieu d'un trou ayant un diamètre égal au sixième de celui de la barre. Un trait de scie supprimera l'une des deux parties de la section séparées par le trou.

L'éprouvette inclinée à 10° sur l'horizon, l'extrémité libre vers le haut, sera engagée dans le trou d'une masselotte jusqu'au trait de scie qui séparera la moitié supérieure de la section.

D'un seul coup de masse, l'éprouvette sera rompue, puis les deux morceaux mis en contact par les lèvres de la cassure au voisinage du trou.

Dans ces conditions, les deux parties devront accuser un angle de déviation supérieur à 20° (vingt degrés).

#### ART. 33.

Pour les ouvrages d'une certaine importance, le devis particulier définit les essais de fragilité auxquels les fournitures d'acier laminé seront soumises et indique ceux des essais prévus à l'article 28 auxquels ils pourront être substitués.

Pour les ouvrages courants, le devis particulier spécifie, s'il y a lieu, ceux des essais prévus par les articles 26 à 32 (1) qui ne seront pas exigés, ainsi que les essais à substituer ou à ajouter aux essais prévus par lesdits articles, en égard à la nature des ouvrages.

Pour tous les ouvrages comportant l'emploi d'acières laminés ne répondant pas aux spécifications de l'article 28, le devis particulier définit les essais spéciaux auxquels les fournitures d'acier seront soumises.

(1) Les articles 26, 27, 29, 30, 31 et 32 concernent des métaux autres que les aciers laminés.

Substitution  
ou addition  
d'essais de fragilité  
et autres essais.  
Dispense  
de certains essais.

ART. 34.

Prélèvement  
des éprouvettes.  
Acceptation  
ou refus  
des fournitures  
de pièces  
métalliques (1).

Le devis particulier indique, pour chaque catégorie d'essais, le nombre d'éprouvettes à expérimenter. A défaut d'indications contraires, ce nombre sera de 2 par 3 tonnes jusqu'à 20 tonnes, et de 2 par 4 tonnes au delà de 20 tonnes, avec minimum de 2 par lot présenté à la réception. Les représentants de l'Administration choisiront les pièces dans lesquelles les barrettes destinées aux essais devront être prélevées. Les barrettes devront être détachées des pièces aux emplacements indiqués par eux, de préférence dans les chutes de tête, puis numérotées et marquées, en leur présence et suivant leurs instructions, du poinçon de l'Administration.

Si, dans les essais, une éprouvette ne présentant pas de défaut local apparent ne remplit pas les conditions prescrites, toutes les pièces venant de la même coulée ou comprises dans le même lot seront refusées sans autre examen. Si une éprouvette présentant un défaut local apparent vient à se rompre, on fera l'essai de deux nouvelles éprouvettes, et, si l'une d'elles vient à se rompre, le refus de la coulée ou du lot sera définitif.

Les pièces provisoirement acceptées seront poinçonnées en présence et suivant les instructions des représentants de l'Administration.

ART. 69.

Composition  
et fabrication  
du béton ordinaire.

a) *Composition.* — A défaut de stipulations contraires du devis particulier, le béton ordinaire à employer à sec sera composé de 3 volumes de pierailles et de 2 volumes de mortier, et le béton à employer sous l'eau de 4 volumes de pierailles et de 3 volumes de mortier.

b) *Procédés de fabrication.* — Le béton ordinaire pourra être fabriqué, soit à la main, soit par des procédés mécaniques.

c) *Fabrication à la main.* — Le béton sera fabriqué et conservé sur des aires en planches à l'abri de la pluie et du soleil.

Les matières seront mesurées dans des caisses ou brouettes fournies par l'entrepreneur, d'après les dimensions qui seront prescrites par l'Ingénieur.

Le mélange ne pourra pas être commencé avant la vérification du mesurage par l'agent de l'Administration préposé à cet effet; les tas de béton pour lesquels cette vérification n'aurait pas été faite ne seront pas reçus en compte.

(1) Sans changement.

Les pierailles, après avoir été lavées dans des brouettes à claire-voie et convenablement égouttées, seront ajoutées par parties successives au mortier; le mélange sera effectué sans aucune addition d'eau au moyen de rabots et de griffes en fer, et l'opération sera poursuivie aussi longtemps qu'il sera nécessaire pour qu'on ne distingue plus aucune pierre qui ne soit recouverte de mortier.

d) *Fabrication mécanique.* — Quand on fabriquera le béton mécaniquement, le modèle des machines à employer, ainsi que le mode de procéder, devront être agréés par l'Ingénieur. Le devis particulier fixe, s'il y a lieu, la durée minima du malaxage, cette durée étant comptée à partir du moment où les éléments constitutifs du béton sont tous réunis dans le malaxeur.

ART. 96.

L'entrepreneur devra soumettre à l'Ingénieur, d'après les dessins d'ensemble qui lui seront remis, les dessins d'exécution détaillés de toutes les parties des ouvrages métalliques et des ouvrages en béton armé à construire, en y annexant le calcul des poids des différentes pièces de métal. Il devra faire sur place le relevé de toutes les dimensions nécessaires et sera responsable des conséquences de toute erreur de mesure. Il devra enfin vérifier et, s'il y a lieu, compléter les calculs de stabilité et de résistance des ouvrages. S'il reconnaissait quelque erreur, il devrait la signaler par écrit à l'Ingénieur, avant tout commencement d'exécution.

Les dessins d'exécution seront cotés avec le plus grand soin et indiqueront nettement, par des teintes différentes, les métaux de diverses natures à mettre en œuvre.

Ces dessins, revêtus du visa de l'Ingénieur et accompagnés, s'il y a lieu, de ses observations, seront retournés à l'entrepreneur, qui aura à fournir, avant tout commencement d'exécution, 2 exemplaires des dessins et métrés rectifiés.

Le devis particulier fixe les délais impartis tant à l'entrepreneur, pour établir les dessins d'exécution, qu'à l'Ingénieur pour les examiner et faire connaître les résultats de cet examen.

Le visa donné aux dessins d'exécution n'atténuera en rien la responsabilité de l'entrepreneur.

Indépendamment des pièces qu'il aura fournies en vertu du troisième alinéa du présent article, l'entrepreneur devra remettre à l'Ingénieur, avant la réception définitive des travaux, une collection complète des dessins des ouvrages conformes à l'exécution.

Dessins  
d'exécution  
des ouvrages  
métalliques  
et des ouvrages  
en béton armé (1).

(1) Sans changement.

Sont à la charge de l'entrepreneur les frais d'établissement et de reproduction des dessins d'exécution et de leurs annexes.

Composition  
et fabrication  
du béton armé.

ART. 104.

Le devis particulier indique, pour chaque ouvrage ou portion d'ouvrage, les proportions de sable, de pierailles et de ciment à employer dans la confection du béton.

En aucun cas le dosage du ciment ne devra descendre au-dessous de 250 kg. par mètre cube de matières inertes préalablement mélangées.

Après l'addition de l'eau, les matières seront triturées par des moyens agréés par l'Ingénieur jusqu'à ce que le mélange soit parfait et qu'on ne distingue plus aucune des parties constitutives de la masse.

L'article 69 relatif à la fabrication du béton ordinaire est applicable au béton armé, à l'exception du paragraphe *a* (composition) et du quatrième alinéa du paragraphe *c* (fabrication à la main).

Ouvrages  
en béton armé.

ART. 105.

a) *Coffrages et échafaudages.* — Les coffrages et échafaudages présenteront une rigidité suffisante pour résister sans déformation sensible aux charges et aux chocs qu'ils seront exposés à subir pendant l'exécution du travail jusqu'au décoffrage et au décalage inclusivement.

Avant tout commencement d'exécution, les dispositions projetées devront être soumises à l'Ingénieur. Son visa n'atténuera d'ailleurs en rien la responsabilité de l'entrepreneur.

Les faces intérieures des coffrages seront, si le devis particulier le prescrit, revêtues de papier épais dans les parties qui correspondent aux parements vus ordinaires.

Les coffrages nécessaires pour l'exécution des pièces à parements fins seront composés d'éléments assemblés à rainures et à languettes. Ils seront rabotés intérieurement et recevront, s'il y a lieu, un badigeon convenable avant le moulage.

b) *Façonnage et arrimage des armatures.* — Les armatures devront être parfaitement propres, sans aucune trace de rouille non adhérente, de peinture ou de graisse.

Elles seront façonnées à froid ou à chaud. Dans ce dernier cas, on prendra toutes dispositions pour éviter la surchauffe.

Les armatures auront exactement les formes prescrites.

Elles occuperont exactement les emplacements prévus aux projets d'exécution.

Les écarts tolérés dans la position de chaque armature ne dépasseront pas la moitié de son diamètre ou de son épaisseur et ne devront, en aucun cas, être supérieurs à six millimètres (0 m. 006). L'entrepreneur devra établir à ses frais les liaisons ou les cales de béton nécessaires pour obtenir ce résultat. Les cales en béton seront seules tolérées au contact des coffrages.

Les armatures longitudinales seront autant que possible d'une seule longueur.

Lorsqu'il y aura lieu de constituer une armature avec deux barres se prolongeant l'une sur l'autre, on s'efforcera de placer le raccord dans une région où l'effort exercé dans ces barres est relativement modéré.

Si l'on opère le raccord par recouvrement des barres, la longueur du recouvrement sera déterminée en fonction de l'effort maximum à prévoir dans la région considérée et compte tenu de l'adhérence des barres au béton. S'il s'agit de barres tendues on les terminera, sauf exceptions justifiées, par des crochets. La longueur de recouvrement ne devra pas être inférieure à trente fois le diamètre des barres.

Les raccords par soudures, par écrous filetés, ou autres dispositifs, pourront être admis si l'entrepreneur justifie de moyens convenables d'exécution. Lorsqu'il sera établi que leur résistance est égale à celle des barres à raccorder, on pourra se dispenser de tout calcul.

Lorsqu'on emploiera, comme armature, des aciers profilés, l'entrepreneur prendra des précautions spéciales pour obtenir un enrobage parfait sur tout le périmètre et notamment dans les angles rentrants.

Les sabots des pieux et les fourrures diverses seront solidement reliés au corps de la pièce.

c) *Mise en place du béton.* — Lorsque le mode de mise en place du béton n'aura pas été fixé par le devis particulier, l'entrepreneur aura le libre choix du système à appliquer, bétons simplement pilonnés, bétons tassés mécaniquement, béton coulé, etc. Il devra préalablement à toute commande de matériel et à tout commencement d'exécution, faire connaître les dispositions qu'il se propose d'adopter, par un mémoire détaillé remis à l'Ingénieur dans les délais qui seront fixés par le devis particulier.

L'entrepreneur sera d'ailleurs tenu de fournir, soit au début, soit au cours des travaux toutes les justifications supplémentaires qui seraient requises par l'Ingénieur.

Dans le délai fixé par le devis particulier, l'Ingénieur formulera ses observations sur les propositions de l'entrepreneur qui devra y apporter les modifications prescrites.

Nonobstant l'acceptation de ces propositions, et nonobstant aussi la surveillance de l'Ingénieur et de ses délégués, l'entrepreneur restera responsable de toutes les conséquences des dispositions adoptées. Les modifications prescrites par l'Ingénieur ne pourront avoir pour effet de dégager la responsabilité de l'entrepreneur, sauf en ce qui concerne les inconvénients et les dangers résultant de ces modifications qui auront été signalés par observations écrites et motivées avant tout commencement d'exécution et dans un délai de dix jours au plus après notification de l'ordre de service correspondant.

Le béton devra être employé avant tout commencement de prise. Celui qui serait desséché ou qui aurait commencé à durcir sera rejeté hors du chantier.

L'entrepreneur prendra les précautions nécessaires pour que les armatures ne se dérangent pas pendant la mise en place du béton et pendant son pilonnage.

Le béton devra être plein et en contact parfait avec les parois des coffrages et avec les armatures sur toute leur surface.

Les parements devront être parfaitement lisses sans creux ni saillies.

Les parements désignés sous le nom de parements fins seront, sur l'épaisseur indiquée par le devis particulier, confectionnés avec un béton spécial qui sera mis en place en même temps que le béton ordinaire formant le corps des pièces.

On réduira le plus possible les interruptions de travail pendant le bétonnage. Les surfaces de reprises que la marche normale du travail permet de prévoir seront disposées méthodiquement et pourvues, s'il y a lieu, des armatures spéciales qui seraient nécessaires. Pour les reprises accidentelles, on s'efforcera de disposer les surfaces de raccord dans les régions et suivant les directions pour lesquelles les efforts de traction demandés au béton sont les plus faibles.

A chacune des reprises, on nettoiera à vif la surface de l'ancien béton, on y fera au besoin des repiquages et on mouillera très longuement et très abondamment afin que le béton ancien soit bien imbibé avant d'être mis en contact avec du béton frais.

En temps de gelée le bétonnage sera interrompu, si l'on ne dispose pas de moyens efficaces pour prévenir les effets nuisibles du froid. A la reprise du travail, on opérera la démolition de tout ce qui aura été endommagé, puis on procédera comme dans le cas d'une reprise après interruption de travail.

Le béton sera tenu à l'abri de la pluie et du soleil jusqu'à ce qu'il ait suffisamment durci. On y entretiendra, pendant 15 jours au moins après l'exécution, l'humidité nécessaire pour assurer la prise dans de bonnes conditions.

Il ne sera procédé au décoffrage et à l'enlèvement des étais qu'à l'expiration des délais fixés par l'Ingénieur pour chaque ouvrage. Ces opérations seront faites sans chocs.

Lorsque des pièces seront moulées à part, l'entrepreneur prendra les dispositions nécessaires pour que, mises en place, elles se relient parfaitement avec les parties voisines.

d) *Épreuves et contrôle de la résistance du béton.* — Les essais de résistance à la compression à 90 jours du béton fabriqué, employé et conservé dans les conditions du chantier seront effectués sur des cubes de 0 m. 20 de côté avec interposition de feuilles de carton entre le béton et les plateaux de la presse.

On déterminera la résistance à la traction à 90 jours en appliquant la formule usuelle utilisée pour les corps élastiques, d'après les résultats d'essais de flexion exécutés sur des éprouvettes prismatiques à base carrée de 0,08 m. environ de côté soumises à un moment constant entre repères.

Pour des ouvrages de faible importance, ou pour des bétons courants, le devis particulier pourra dispenser de ces dernières épreuves.

Dans tous les cas, la résistance du béton à la compression sera contrôlée sur chantier à 7 et 28 jours et le devis particulier indiquera les conditions de ces essais et les résistances à obtenir.

A défaut de prescriptions du devis particulier, la résistance à obtenir et les modes de vérification de celle-ci seront, dans les mêmes conditions que le mode de mise en place du béton, l'objet d'un mémoire détaillé de l'entrepreneur basé sur des expériences préalables.

e) *Essais de plasticité.* — Le devis particulier précisera, sauf pour les bétons destinés à être coulés, des essais de plasticité qui seront exécutés de la manière suivante :

On remplira de béton pris à la sortie de la bétonnière un moule en tôle sans fond posé sur une plaque de tôle. Ce moule, qui aura la forme d'un tronc de cône droit à bases circulaires, aura trente centimètres (0 m. 30) de hauteur; ses bases inférieure et supérieure auront respectivement vingt centimètres (0 m. 20) et dix centimètres (0 m. 10) de diamètre. On fera le remplissage en quatre fois, en ayant soin chaque fois de tasser le béton avec une tige pointue de douze millimètres (0 m. 012) de diamètre. Trois minutes après l'achèvement du remplissage, on ôtera le moule en le soulevant avec précaution. On mesurera la hauteur de l'affaissement éprouvé par le tas de béton après l'enlèvement du moule. Cet affaissement doit être compris entre le minimum et le maximum fixés par le devis particulier.

f) *Pieux et palplanches en béton armé.* — Les pieux et palplanches en béton armé ne devront présenter aucune surface de reprise.

Chaque pieu et palplanche portera une marque indiquant la date de la fin de sa fabrication.

Les pieux et les palplanches ne pourront être battus qu'après avoir été vérifiés par l'Ingénieur ou par son délégué et après l'expiration d'un délai qui sera fixé par l'Ingénieur.

Après le battage, les têtes des pieux et des palplanches seront, s'il y a lieu, recépées et dégarnies de béton sur la longueur nécessaire pour assurer une liaison parfaite avec les autres parties de la construction.

Toutes les dispositions de l'article 94, relatif aux pieux et palplanches en bois, sont applicables aux pieux et palplanches en béton armé, sauf celle qui fait l'objet de la troisième phrase du quatrième paragraphe.

#### ART. 106.

Épreuves  
des ouvrages  
métalliques  
et des ouvrages  
en  
béton armé (1).

Les ouvrages métalliques et les ouvrages en béton armé seront soumis aux épreuves définies par le devis particulier. Ces épreuves ne seront exécutées que sur ordre de service et en présence de l'Ingénieur ou de son délégué. Les dépenses sont à la charge de l'entrepreneur, sauf, en ce qui concerne les ouvrages sous rails, les frais relatifs aux trains d'essais.

L'entrepreneur fournira à ses frais la main-d'œuvre nécessaire pour l'installation des appareils de mesure des flèches. Si le devis particulier le prescrit, il devra en outre fournir et installer, à ses frais, en se conformant aux prescriptions de l'Ingénieur, les échafaudages et passerelles nécessaires pour visiter les différentes parties des ouvrages au cours des essais.

Le devis particulier indique, s'il y a lieu :

1<sup>o</sup> Les flèches maxima que les différentes parties des constructions ne devront pas dépasser;

2<sup>o</sup> Quand il s'agit d'ouvrages en béton armé, l'âge que le béton devra avoir au moment des épreuves.

Dans les épreuves par poids mort des planchers et plateformes en béton armé, les surcharges devront rester en place vingt-quatre heures au moins. Les flèches ne devront plus augmenter au bout de quinze heures.

#### ART. 146.

Mode d'évaluation  
du  
béton armé (1).

Les aciers entrant dans la construction des ouvrages en béton armé seront payés au poids, le béton au mètre cube. Les parements ordinaires et les parements fins seront, en outre, si le devis particulier le prescrit, payés au mètre superficiel.

Les aciers seront pesés à leur arrivée sur le chantier. D'autre part, après l'achèvement des travaux, on pèsera les barres, fils et feuillards non utilisés, ainsi que toutes les rognures qui, à cet

(1) Sans changement.

effet, devront être conservées avec soin. Le poids à porter en compte sera la différence entre les poids totaux constatés dans les deux séries de pesées.

Le prix de l'acier comprend la fourniture du métal, les façons et la mise en place. Ce prix s'applique indistinctement à toutes les pièces métalliques entrant dans la confection du béton armé : barres rondes, plats, profilés, feuillards et fils de tout diamètre.

Dans le calcul du volume du béton, on ne déduira pas le volume des armatures métalliques.

Le prix du béton armé comprend les mêmes fournitures, main-d'œuvre et sujétions que le prix du béton ordinaire. Il tient compte, en outre, de tous les faux frais et sujétions résultant des conditions spéciales dans lesquelles le béton doit être employé, notamment de la préparation des dessins d'exécution, de la protection et de l'arrosage des ouvrages pendant la période de durcissement, des frais d'épreuves. Il tient compte enfin, en tant que de besoin, des frais de brevets, l'entrepreneur devant garantir l'État contre toute revendication des possesseurs de procédés brevetés.

Les dispositions qui font l'objet des 3 derniers alinéas de l'article 131 sont applicables aux ouvrages en béton armé.

Lorsque le devis particulier prévoit des prix spéciaux pour les parements, ces prix tiennent compte de la fourniture et de l'installation des coffrages et étais, des sujétions afférentes à la confection des parements, du décoffrage et de l'enlèvement des étais.

Lorsque le devis particulier ne prévoit pas de prix spéciaux pour les parements, les fournitures, façons et sujétions diverses détaillées à l'alinéa précédent sont comprises dans le prix du mètre cube de béton.



ANNEXE N° III

A LA CIRCULAIRE SÉRIE A N° 8 DU 19 JUILLET 1934

---

MODIFICATIONS APPORTÉES  
AUX ARTICLES INTÉRESSANT LE BÉTON ARMÉ  
DANS LE MODÈLE A DE DEVIS PARTICULIER



## MODIFICATIONS APPORTÉES AUX ARTICLES INTÉRESSANT LE BÉTON ARMÉ DANS LE MODÈLE A DE DEVIS PARTICULIER

### CHAPITRE II

#### Provenance, qualités et préparation des matériaux.

##### ART.

Le sable pour mortier et béton ne devra pas contenir en poids plus de 5 % de grains fins traversant le tamis de 900 mailles par cm<sup>2</sup>. Il ne devra pas renfermer de grains dont la plus grande dimension dépasserait les limites ci-après : sable pour maçonnerie de pierre de taille, de moellons piqués et de briques, pour enduits et pour rejoints (12) : ( ); sable pour maçonnerie de moellons smillés, tétués et ordinaires, pour béton armé (13) : ( ); sable pour béton non armé (14) : ( ).

Sable  
pour mortier  
et béton (11).

#### Composition granulométrique (15).

(11) Voir l'article 10 du cahier des charges général.

(12) Généralement 2,5 mm.

(13) Généralement 5 mm.

(14) Généralement 10 mm.

(15) Lorsqu'il conviendra de fixer une composition granulométrique, on prescrira des limites de pourcentage des grains ayant toutes leurs dimensions inférieures à 1/2 mm., et, s'il y a lieu, des limites de pourcentage des grains ayant toutes leurs dimensions supérieures à environ la moitié de la dimension maximum.

Ces limites devront tendre à obtenir la compacité maximum et seront fixées après essais sur les sables des provenances prescrites.

Généralement, on sera conduit à admettre une contenance en poids de 20 à 30 % de grains ayant toutes leurs dimensions inférieures à 1/2 mm. et de 30 à 50 % de grains ayant toutes leurs dimensions supérieures à la moitié de la dimension maximum.

ART.

**Dispositions spéciales au sable de broyage (16).** Le sable de broyage sera obtenu par le concassage de la pierre provenant des meilleures banes des carrières indiquées à l'article.

Suivant la destination de ce sable, ses dimensions et, éventuellement, sa granulométrie, répondront aux règles de l'article.

ART.

**Pierrailles pour béton (17).**

Les pierrailles destinées à la confection du béton devront pouvoir passer en tous sens dans un anneau de ( ) (18) de diamètre intérieur pour les massifs, et de ( ) (19) pour les chapes, sans pouvoir passer dans un anneau de ( ) (20) pour les massifs, et de ( ) (21) pour les chapes.

Les pierrailles destinées à la confection du béton armé devront pouvoir passer en tous sens dans un anneau de ( ) (22) sans pouvoir passer dans un anneau de ( ) (23).

ART.

**Chaux et ciments.**

Les fournitures de chaux et ciments devront satisfaire aux conditions générales fixées par les décrets et arrêtés ministériels en vigueur (29).

(16) Voir l'article 10 du cahier des charges général.

(17) Voir l'article 11 du cahier des charges général.

(18) Généralement 6 cm.

(19) Généralement 3 cm.

(20) Généralement 15 mm.

(21) Généralement 10 mm.

(22) Généralement 15 à 30 mm.

(23) Généralement de 10 à 20 mm.

(29) Voir la circulaire ministérielle du 13 mars 1928, modifiée par la circulaire série A n° 4 du 18 décembre 1933.

## CHAPITRE III

### *Mode d'exécution des travaux.*

#### ART.

*Composition du béton* (65).

**Ouvrages  
en béton armé.**

*Coffrages* (66).

*Mise en place du béton* (66).

*Parements fins* (66).

*Épreuves et contrôle de la résistance du béton* (66).

*Essais de plasticité* (66).

L'affaissement obtenu dans les essais de plasticité définis par le paragraphe *e* de l'article 105 du Cahier des charges général sera compris entre et

*Prescriptions diverses* (66).

(65) Voir l'article 104 du cahier des charges général. En général, le béton est dosé à raison de 250 à 400 kg. de ciment pour 800 dm<sup>3</sup> de pierrailles et 400 dm<sup>3</sup> de sable.

(66) Voir l'article 105 du cahier des charges général. Lorsque le mode de mise en place n'aura pas été fixé par l'Ingénieur, le mémoire visé au premier alinéa du paragraphe *c* de l'article 105 du cahier des charges général devra être remis dans un délai à fixer au présent article (généralement un à deux mois). Le délai imparti à l'Ingénieur pour formuler ses observations sur les propositions de l'entrepreneur sera également fixé dans ce même article.

En ce qui concerne les essais de plasticité, on admettra généralement :

Pour les constructions courantes : 2 à 10 cm.;

Pour les constructions exceptionnellement armées ou de faible épaisseur : 10 à 20 cm.

Pour les corps moulés et pilonnés dans des moules étanches : 0 à 10 cm.;

Pour les corps moulés et vibrés ou pervibrés dans des moules étanches : 0 à 5 cm.

## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages.
<b>Ancien règlement. . . . .</b>	<b>3</b>
<b>Nouveau règlement. Tableau comparatif. . . . .</b>	<b>5</b>
<b>Observations générales sur le nouveau règlement. . . . .</b>	<b>15</b>
<b>Circulaire du ministre des Travaux publics aux Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées . . . . .</b>	<b>17</b>
 <b>Annexe n° I à la circulaire Série A n° 8 du 19 juillet 1934.</b>	
<b>Instructions relatives à l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du ministère des Travaux publics et commentaires explicatifs. . . . .</b>	<b>19</b>
Titre I. — Nature et qualité des matériaux employés. . . . .	20
Titre II. — Préparation des projets . . . . .	24
Titre III. — Mode d'exécution et épreuves des ouvrages . . . . .	40
Exemples de calculs pour l'application des nouvelles instructions relatives à l'emploi du béton armé. . . . .	42
 <b>Annexe n° II à la circulaire Série A n° 8 du 19 juillet 1934.</b>	
<b>Nouvelle rédaction des articles du cahier des charges générales du 29 octobre 1913 intéressant le béton armé. . . . .</b>	<b>49</b>
 <b>Annexe n° III à la circulaire Série A n° 8 du 19 juillet 1934.</b>	
<b>Modifications apportées aux articles intéressant le béton armé dans le modèle A de devis particulier. . . . .</b>	<b>65</b>