

**RÈGLES D'UTILISATION**  
**DES**  
**RONDS CRÉNELÉS ET LISSES**  
**POUR**  
**BÉTON ARMÉ**  
**DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ**  
**SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>**

APPLICABLES AUX TRAVAUX DÉPENDANT DU  
**MINISTÈRE DE LA RECONSTRUCTION**  
**ET DE L'URBANISME**  
ET AUX TRAVAUX PRIVÉS

**COMMENTAIRES — ANNEXES**

CENTRE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
DU BATIMENT  
31, AVENUE PIERRE-1<sup>er</sup>-DE-SERBIE  
PARIS-XVI<sup>e</sup>

INSTITUT  
TECHNIQUE DU BATIMENT  
ET DES TRAVAUX PUBLICS  
28, BOULEVARD RASPAIL  
PARIS-VII<sup>e</sup>

## DANS LA MÊME COLLECTION

---

TRAVAUX D'ÉTANCHÉITÉ POUR TOITURES-TERRASSES. Principaux procédés d'étanchéité.

CONDITIONS D'EXÉCUTION DU GROS ŒUVRE DES TOITURES-TERRASSES EN BÉTON ARMÉ.

RÈGLES D'UTILISATION DU BÉTON ARMÉ, applicables aux travaux dépendant du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés (Règles BA 1945).

TEXTE MODIFICATIF AUX RÈGLES BA 1945, résultant de changements apportés à la classification des ciments (mars 1948).

RÈGLES D'UTILISATION DE L'ACIER, applicables aux travaux dépendant du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés (Règles CM 1946).

JEU D'ABAQUES, relatif au calcul du flambement.

RÈGLES DÉFINISSANT LES EFFETS DE LA NEIGE ET DU VENT SUR LES CONSTRUCTIONS, applicables aux travaux dépendant du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés (Règles NV 1946). COMMENTAIRES.

COMMENTAIRES DES RÈGLES D'UTILISATION DE L'ACIER, applicables aux travaux dépendant du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés. (Commentaires Règles CM 1946).

## AVANT-PROPOS

---

*Les présentes Règles constituent un complément et une adaptation des Règles BA 1945 aux nouveaux ronds crénelés et lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup> que la Métallurgie française et la Chambre Syndicale des Constructeurs de ciment armé ont mis au point, sous l'impulsion de M. CAQUOT.*

*Ces Règles sont établies avec la même numérotation que les Règles BA 1945 auxquelles elles se reportent pour toutes les prescriptions qui sont indépendantes du type d'armatures employé. Elles sont divisées en deux parties : la première concerne l'emploi des ronds crénelés, la seconde adapte les prescriptions des Règles BA 1945 aux ronds lisses de la nuance envisagée. Elles traitent également de la coexistence des deux types d'armatures dans un même élément.*

*Les Commentaires des paragraphes qui en comportent sont donnés à la suite des paragraphes correspondants et imprimés en italique.*

*Les annexes ont été complétées par des méthodes de calcul pratiques et rapides, des tableaux numériques et des exemples de dispositions de ronds crénelés.*

*Ce document sera désigné sous la dénomination abrégée Règles 1948 Ronds n<sup>o</sup> 40-60.*

## PRÉFACE

*Les études économiques des travaux de reconstruction ont montré le grand intérêt des aciers à limite d'élasticité améliorée.*

*L'industrie sidérurgique française fournit, dès aujourd'hui, des barres lisses ou crénelées de bonne qualité ayant une limite élastique conventionnelle supérieure à 40 kg/mm<sup>2</sup>.*

*C'est pourquoi la Commission du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme a eu à étudier le prolongement des Règles de décembre 1945 sur l'utilisation du béton armé, afin de prévoir l'emploi des nouvelles qualités d'acier disponibles.*

*Les réactions mutuelles du béton et de l'acier ne sont plus situées dans les mêmes zones mécaniques.*

*L'accrochage effectif par des cannelures modifie d'autre part les conditions d'adhérence.*

*La Commission a examiné toutes les données nouvelles à la lumière des expériences, et les Règles qu'elle définit aujourd'hui complètent celles de décembre 1945.*

*Elles sont rédigées comme celles-ci pour permettre de réaliser une sécurité normale avec la plus faible dépense possible.*

A. CAQUOT.  
Octobre 1948.

## TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

### PREMIÈRE PARTIE

#### RÈGLES D'UTILISATION DES RONDS CRÉNELÉS POUR BÉTON ARMÉ DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>

	Paragraphes.	Pages.
PRÉAMBULE.....	0	12
OBJET DES RÈGLES.....	0,1	12
DOMAINE D'APPLICATION.....	0,2	12
NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX .....	1	13
ACIER.....	1,1	13
BÉTON .....	1,2	13
CONTRAINTES ADMISSIBLES .....	2	14
ACIER.....	2,1	14
COEXISTENCE DE RONDS CRÉNELÉS ET DE RONDS LISSÉS.....	2,10	14
CAS OU LA FISSURATION N'EST PAS NUISIBLE.....	2,11	15
CAS OU LA FISSURATION EST PRÉJUDICIABLE.....	2,12	16
BÉTON .....	2,2	16
ASSOCIATION ACIER-BÉTON .....	2,3	16
ARMATURES DROITES .....	2,31	17
ARMATURES COURBES .....	2,32	18
RECouvreMENT DES ARMATURES .....	2,33	18
CALCULS DE RÉSISTANCE.....	3	19
PRÉSENTATION DES PROJETS.....	4	20

	Paragraphes.	Pages.
EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	5	21
ARMATURES .....	5,2	21
FAÇONNAGE DES RONDS CRÉNELÉS SUR LE CHAN- TIER.....	5,21	21
Coupe .....	5,211	21
Pliage .....	5,212	21
Préparation des armatures.....	5,213	21
MISE EN PLACE DES ARMATURES.....	5,22	22
DISTANCE MINIMUM DES ARMATURES ENTRE ELLES ET AUX PAROIS DES COFFRAGES.....	5,23	22
Distance minimum des armatures aux parois de coffrages .....	5,234	22
<i>Dans les zones d'ancrage</i> .....	5,234 1	22
<i>Dans les zones où l'adhérence est surabondante.</i>	5,234 2	23
Distance minimum des armatures entre elles....	5,235	23
<i>Dans les zones d'ancrage</i> .....	5,235 1	23
<i>Dans les zones où l'adhérence est surabondante.</i>	5,235 2	23
Tolérance .....	5,236	24
ÉPREUVES DES OUVRAGES .....	6	25
ANNEXES I .....	7	26
RÈGLES POUR LE CALCUL DES PLANCHERS CHAM- PIGNONS .....	7,6	26
LIMITES DES ARMATURES .....	7,62	26
RÈGLES POUR LE CALCUL DES POUTRES CLOISONS	7,7	26
ADHÉRENCE, RECOUVREMENTS ET ANCRAGES .....	7,72	26
ANNEXES II.....	8	28
ANNEXES III .....	9	28

## DEUXIÈME PARTIE

### RÈGLES D'UTILISATION DES RONDS LISSES POUR BÉTON ARMÉ DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>

	Paragraphes.	Pages.
PRÉAMBULE .....	0	30
OBJET DES RÈGLES.....	0,1	30
DOMAINE D'APPLICATION.....	0,2	30
NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX.....	1	31
ACIER .....	1,1	31
BÉTON .....	1,2	31
CONTRAINTES ADMISSIBLES .....	2	32
ACIER .....	2,1	32
COEXISTENCE DE RONDS LISSES ET DE RONDS CRÉNELÉS.	2,10	32
CAS OU LA FISSURATION N'EST PAS NUISIBLE .....	2,11	32
CAS OU LA FISSURATION EST PRÉJUDICIABLE .....	2,12	33
ASSOCIATION ACIER-BÉTON .....	2,3	33
CALCULS DE RÉSISTANCE.....	3	34
PRÉSENTATION DES PROJETS.....	4	35
EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	5	36
ÉPREUVES DES OUVRAGES .....	6	37
ANNEXES I .....	7	38
RÈGLES POUR LE CALCUL DES PLANCHERS CHAM- PIGNONS .....	7,6	38
LIMITES DES ARMATURES.....	7,62	38
RÈGLES POUR LE CALCUL DES POUTRES CLOISONS	7,7	38
ADHÉRENCE, RECOUVREMENTS ET ANCRAGES .....	7,72	38

	Paragraphe.	Pages.
ANNEXES II.....	8	39
ANNEXES III.....	9	40
CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES RONDÉS CRÉNELÉS ET LISSES DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm <sup>2</sup> .....	9,1	40
MÉTHODES ET DONNÉES NUMÉRIQUES POUR LES CALCULS RELATIFS AUX CONTRAINTES NORMALES (SECTIONS RECTANGULAIRES OU EN T). DONNÉES NUMÉRIQUES DIVERSES.....	9,2	41
CALCULS RELATIFS AUX CONTRAINTES NORMALES (SECTIONS RECTANGULAIRES OU EN T).....	9,20	41
Préliminaires.....	9,200	41
Notations.....	9,201	42
Conduite générale des calculs.....	9,202	44
Cas d'un hourdis.....	9,202 1	44
Cas d'une poutre à section rectangulaire.....	9,202 2	45
Cas d'une poutre en T.....	9,202 3	45
Cas d'une poutre en T à aciers comprimés.....	9,202 4	46
Cas d'une poutre rectangulaire-avec aciers comprimés.....	9,202 5	47
Effort tranchant.....	9,209	48
RONDÉS CRÉNELÉS. SECTIONS TOTALES EN CENTIMÈTRES CARRÉS DE GROUPES DE BARRES.....	9,21	49
Groupes de barres de même diamètre.....	9,211	49
Files de deux barres de diamètres différents.....	9,212	49
RONDÉS CRÉNELÉS. VALEUR MINIMUM DE $d'$ DANS LES POUTRES ET NERVURES, PERMETTANT DE CALCULER LA HAUTEUR UTILE $h_1 = h - d'$ DANS LES ZONES OU L'ADHÉRENCE EST SURABONDANTE.....	9,22	50
Cas d'un seul lit de barres.....	9,221	50
Cas de deux lits de barres.....	9,222	50
Cas de trois lits de barres (deux lits inférieurs de même diamètre $\Phi_c$ , un lit supérieur de diamètre $\Phi'_c$ inférieur ou égale à $\Phi_c$ ).....	9,223	51
Cas de trois lits de barres (un lit inférieur de diamètre $\Phi_c$ et deux lits supérieurs de diamètre $\Phi'_c \leq \Phi_c$ ).....	9,224	51
RONDÉS CRÉNELÉS. LONGUEURS DE SCELLEMENT DROIT..	9,23	52
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres en pleine masse.....	9,231	52
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres de hourdis.....	9,232	52
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres placées en angle des poutres.....	9,233	52
RONDÉS LISSES $n'_e \geq 40$ kg/mm <sup>2</sup> . LONGUEURS DE SCELLEMENT DROIT.....	9,24	53
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres en pleine masse.....	9,241	53
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres de hourdis.....	9,242	53

	Paragraphe.	Pages.
Longueur de scellement droit $l_0$ des barres placées en angle des poutres et enrobées de 1,5 cm de béton.....	9,243	53
SECTION RECTANGULAIRE ET NERVURE DES POUTRES EN T. VALEURS DES COEFFICIENTS $\theta$ ET $\lambda$ .....	9,25	54
AILES DES POUTRES EN T. VALEURS DES COEFFICIENTS $\theta_l$ ET $\lambda_l$ .....	9,26	55
ACIERS COMPRIMÉS.....	9,27	56
EXEMPLES DE DISPOSITION DE RONDÉS CRÉNELÉS	9,3	57
DISPOSITION DES ARMATURES DE SEMELLES.....	9,31	57
ANCRAGE DES BARRES LONGITUDINALES INFÉRIEURES D'UN ABOUT DE POUTRE DANS UNE POUTRE DE RIVE.....	9,32	57

PREMIÈRE PARTIE

---

RÈGLES D'UTILISATION  
DES RONDS CRÉNELÉS POUR BÉTON ARMÉ  
DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE  
OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>

## 0 PRÉAMBULE

### 0,1 OBJET DES RÈGLES

Les présentes règles ont pour objet de définir les conditions d'emploi des ronds crénelés pour béton armé, de limite d'élasticité supérieure ou égale à quarante kilogrammes par millimètre carré ( $40 \text{ kg/mm}^2$ ) qui seront appelés en abrégé, dans ce qui suit, ronds crénelés.

### 0,2 DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes règles concernent l'utilisation des ronds crénelés comme armatures des éléments en béton armé :

- des immeubles à usage d'habitation, de bureaux, de locaux commerciaux;
- des constructions industrielles et agricoles.

*Les présentes Règles ont le même domaine d'application que les Règles BA 1945. Elles sont présentées dans la même forme que ces dernières.*

## 1 NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX

### 1,1 ACIER

Les ronds crénelés seront conformes aux normes en vigueur.

*On trouvera en annexes III les caractéristiques principales des ronds crénelés.*

### 1,2 BÉTON

1,21 Le ciment utilisé pour la confection des bétons destinés aux ouvrages comportant des armatures en ronds crénelés sera de la classe 250-315 ou d'une classe supérieure.

*Les contraintes élevées adoptées pour l'acier en traction et pour l'adhérence exigent l'emploi de bétons de haute qualité, qu'il est impossible d'obtenir à partir de ciments d'une classe inférieure à la classe 250-315.*

## 2 CONTRAINTES ADMISSIBLES

### 2.1 ACIER

#### 2.10 COEXISTENCE DE RONDS CRÉNELÉS ET DE RONDS LISSES

Les armatures ayant la même direction et jouant le même rôle dans la résistance d'un élément déterminé seront toutes de même forme (toutes crénelées ou toutes lisses) et de même nuance. Toutefois, pour compléter la section d'un groupe de ronds crénelés de fort diamètre, il est permis d'employer des ronds lisses de 5, 6, 8, 10 et 12 mm de même nuance.

Les ronds crénelés ne seront employés comme armatures de hourdis que dans les conditions résultant du tableau ci-après où  $\Phi_c$  est le diamètre nominal des ronds crénelés défini comme le diamètre du corps cylindrique du rond.

$\Phi_c$ EN MILLIMÈTRES	ÉPAISSEUR MINIMUM du hourdis en centimètres
8	7
10	9
12	10
16	14
20	17
25	22
32	30
40	40

Normalement, les ronds crénelés seront employés comme armatures longitudinales tendues, les armatures transversales (étriers, ligatures, frettes) étant en principe en ronds lisses de nuance permettant le façonnage.

Dans les pièces fléchies, il est permis de prendre des ronds crénelés comme armatures longitudinales tendues (barres longues ou chapeaux) et des ronds lisses comme armatures comprimées ou barres de montage.

Il est également permis d'utiliser comme armatures longitudinales inférieures d'une poutre horizontale fléchie des ronds crénelés et comme chapeaux des ronds lisses ou inversement quoiqu'il soit plus recommandé d'employer les ronds crénelés comme chapeaux.

Il est signalé qu'il y a souvent avantage à réaliser les armatures tendues des tirants de ferme ou d'arcs en ronds lisses de 10 ou 12 mm de diamètre de limite élastique supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>, livrés en couronnes et, par conséquent, en longueurs permettant d'éviter les jonctions par recouvrement.

Pour les travaux courants, il est préférable de ne pas utiliser de ronds crénelés de diamètre supérieur à 25 mm.

#### 2.11 CAS OU LA FISSURATION N'EST PAS NUISIBLE

**2.110** Dans les conditions définies par les Règles BA 1945 et lorsque la fissuration des zones tendues ne peut être nuisible à la durabilité de l'élément ou à la bonne tenue des revêtements et enduits, la contrainte de traction  $R'_a$  exprimée en kilogrammes par millimètre carré sera, pour les ronds crénelés caractérisée par la limite élastique conventionnelle  $n'_e$ .

$$R'_a = 0,4 n'_e + 4,8$$

**2.111** Il est recommandé de prendre des dispositions pour limiter l'ouverture des fissures. D'une manière générale, le béton employé devra être un béton compact tel que sa contrainte de compression admissible, exprimée en kilogrammes par centimètre carré, soit au moins égale à un trentième (1/30) de la contrainte de traction admissible pour les ronds crénelés exprimée en kilogrammes par centimètre carré. En outre, la contrainte de traction admissible pour ronds crénelés ne pourra dépasser 24 kg/mm<sup>2</sup> que sur justification spéciale.

La limite élastique des ronds crénelés fournis par les Forges sera normalement supérieure à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

Pour  $n'_e = 40$  la formule indiquée donne :

$$R'_a = 20,8 \text{ kg/mm}^2$$

applicable à la section utile

On prendra normalement  $R'_a = 21 \text{ kg/mm}^2$  qui correspond à  $n'_e = 40,5 \text{ kg/mm}^2$ , et le béton utilisé devra être de qualité telle que sa contrainte de compression admissible soit au moins égale à :

$$\frac{2100}{30} = 70 \text{ kg/cm}^2$$

Il est possible que des ronds crénelés de limite d'élasticité inférieure à 40 kg/mm<sup>2</sup> soient mis sur le marché. En cas d'emploi de tels ronds la contrainte de traction sera celle indiquée par la formule.



## 2,12 CAS OU LA FISSURATION EST PRÉJUDICIALE

2,120 Si la fissuration des zones tendues apparaît préjudiciable, par exemple dans les parties de construction exposées aux intempéries, les valeurs de  $R'_a$  définies en 2,110 ne seront admises que sur justifications précises et complètes concernant la qualité du béton et principalement sa compacité ainsi que l'agencement des armatures.

2,121 0 EN OUTRE, LORSQUE LA FISSURATION EST PRÉJUDICIALE, on ne dépassera pas pour  $R'_a$  :

— 1 20 kg/mm<sup>2</sup> avec des bétons au dosage 350 offrant une résistance à la compression à 90 j supérieure à 280 kg/cm<sup>2</sup> et une compacité à sec supérieure à 0,80.

— 2 22 kg/mm<sup>2</sup> avec des bétons au dosage 400 offrant une résistance à la compression à 90 j supérieure à 320 kg/cm<sup>2</sup> et une compacité à sec supérieure à 0,82.

2,122 0 D'autre part, les cahiers des charges particuliers pourront limiter les valeurs de  $R'_a$ , quelle que soit la nuance des ronds crénelés, à :

— 1 14 kg/mm<sup>2</sup> pour les éléments dont l'une des faces est constamment au contact de l'eau (réservoirs, radiers, caniveaux, puisards...)

— 2 18 kg/mm<sup>2</sup> dans les autres cas.

## 2,2 BÉTON

Aucune modification n'est apportée par les présentes aux prescriptions 2,2 des Règles BA 1945 et au texte modificatif en date de mars 1948.

## 2,3 ASSOCIATION ACIER-BÉTON

2,30 Les distances minima des armatures entre elles et aux parois de coffragés sont définies en 5,23.

*L'attention des constructeurs est appelée sur la nécessité d'assurer aux ronds crénelés les enrobages minima prescrits, faute de quoi les contraintes élevées adoptées pour l'acier en traction et pour l'adhérence ne seraient plus admissibles.*

## 2,31 ARMATURES DROITES

2,310 En désignant par :

$\Phi_c$  le diamètre nominal d'un rond crénelé;

$d_1$  la distance minimum de l'axe du rond à la surface libre du béton;

$d_2$  la plus petite des distances de l'axe du rond à la surface libre du béton dans une direction perpendiculaire à celle selon laquelle est mesurée  $d_1$ , ou dans le prolongement de celle-ci;

$R'_b$  la contrainte de traction admissible pour le béton;

la contrainte d'adhérence admissible  $R_d$  pour le rond crénelé sera :

$$R_d = \frac{4R'_b}{\left(1 + \frac{\Phi_c}{d_1}\right) \left(1 + \frac{\Phi_c}{d_2}\right)}$$

On appelle longueur de scellement droit la longueur définie par la formule :

$$l_0 = \frac{\Phi_c R'_d}{4 R_d}$$

*La valeur de  $R_d$  ainsi définie suppose que sont réalisées les conditions de distance entre axes de barres crénelées parallèles voisines définies en 5,235 1 et 5,235 2.*

*A défaut d'essais préalables la valeur de  $R'_b$  pourra être prise égale à l'une des valeurs données par le tableau dressé en 2,24 dans les Règles BA 1945.*

2,311 L'emploi de groupes de ronds crénelés au contact est déconseillé. Il ne pourrait être admis que sur justifications spéciales et complètes relatives à l'adhérence.

*Les justifications demandées concernent les contraintes de traction imposées au béton d'enrobage par la force d'éclatement résultant de la transmission des efforts de traction aux groupes de barres. Ces justifications seront expérimentales dans les conditions d'emploi.*

2,312 L'effet des armatures transversales cousant la gaine de béton qui enveloppe un rond crénelé peut être mis en compte conformément à la prescription 2 312 des Règles BA 1945.

**2,313** La prescription 2,313 des Règles BA 1945 est applicable aux ronds crénelés.

### 2,32 ARMATURES COURBES

Les ronds crénelés sont en principe à utiliser en barres droites. Leur emploi en barres courbes est toutefois autorisé, à condition que soient respectées les prescriptions 2,321, 2,322, 2,323 et 2,326 des Règles BA 1945.

En principe le rayon de courbure de l'axe d'un rond ne sera pas inférieur à quinze fois le diamètre nominal. Toutefois dans les cas difficiles, ce rayon de courbure pourra localement et à titre exceptionnel descendre à 10  $\Phi$  en vérifiant spécialement la contrainte locale de compression du béton suivant les prescriptions 2,323 des Règles BA 1945.

*Il est donné en annexe III un exemple d'armatures de semelle de fondation et un exemple d'ancrage des aciers d'about de poutre.*

### 2,33 RECOUVREMENT DES ARMATURES

Les prescriptions 2,331, 2,332, 2,334 et 2,335 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

## 3 CALCULS DE RÉSISTANCE

Toutes les prescriptions 3 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

## 4 PRÉSENTATION DES PROJETS

Toutes les prescriptions 4 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

De plus :

Les distances entre axes de ronds crénelés voisins et les distances des axes des ronds crénelés aux parois des coffrages seront précisées par les dessins. Le rond crénelé est défini par son diamètre en millimètres précédé de  $\Phi$ .

*On ne peut évidemment compter obtenir les enrobages prévus que si notamment leur valeur est exactement précisée aux exécutants. Toute latitude est laissée aux Bureaux d'Etudes quant à la forme des indications à fournir aux chantiers relativement aux distances entre axes de ronds crénelés voisins et aux distances de ces axes aux parois du coffrage. Il suffit que ces indications soient claires et précises.*

## 5 EXÉCUTION DES TRAVAUX

Toutes les prescriptions 5 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

De plus :

### 5,2 ARMATURES

#### 5,21 FAÇONNAGE DES RONDS CRÉNELÉS SUR LE CHANTIER

##### 5,211 COUPE

La coupe des ronds crénelés est faite soit à froid à la cisaille, soit au chalumeau.

*On pourra employer les cisailles courantes, mais il convient de les munir de mâchoires d'acier de haute qualité pour éviter une usure rapide. Il y a lieu également de choisir des cisailles puissantes. On coupera par exemple des ronds de 25 mm avec des cisailles employées pour couper les ronds d'acier doux de 32 mm.*

##### 5,212 PLIAGE

Les ronds crénelés seront éventuellement pliés par l'emploi à froid de coudeuses ordinaires suffisamment puissantes.

##### 5,213 PRÉPARATION DES ARMATURES

Les armatures seront assemblées aux étriers et aux cadres comme les armatures lisses. On veillera à la propreté des angles des nervures des ronds crénelés afin de ne pas perdre le bénéfice des cannelures.

*En particulier, il convient de débarrasser les angles rentrants des nervures de tout dépôt, notamment de ciment, susceptible de contrarier le parfait enrobage des barres par le béton.*

## 5,22 MISE EN PLACE DES ARMATURES

La mise en place des armatures devra être effectuée de manière à satisfaire avant, pendant et après bétonnage à la tolérance maximum de 0,5 cm prescrite en 5,236.

*On pourra employer des cales de béton entre coffrages et barres et des chutes de ronds entre barres voisines.*

## 5,23 DISTANCE MINIMUM DES ARMATURES ENTRE ELLES ET AUX PAROIS DES COFFRAGES

## 5,234 DISTANCE MINIMUM DES ARMATURES AUX PAROIS DES COFFRAGES

5,234 1 DANS LES ZONES D'ANCRAGE, la distance réelle (c'est-à-dire compte non tenu de l'épaisseur fictive définie en 2,312 des Règles BA 1945) de l'axe d'un rond crénelé quelconque à la paroi la plus voisine du coffrage sera au moins égale à deux fois le diamètre nominal  $\Phi_c$  de ce rond ( $d_1$  ou  $d_2 > 2 \Phi_c$ ). De plus, le corps cylindrique d'un rond quelconque sera enrobé d'au moins trois centimètres (3 cm) de béton ( $d_1$  ou  $d_2 > 3 + \Phi_c/2$ ,  $\Phi_c$  étant exprimé en centimètres).

Les distances  $d_1$  ou  $d_2$  résultant de cette prescription sont indiquées en centimètres dans le tableau suivant :

RÈGLE A APPLIQUER	DIAMÈTRE $\Phi_c$ EN MILLIMÈTRES							
	8	10	12	16	20	25	32	40
$d_1$ ou $d_2 > 3 + \frac{\Phi_c}{2}$ en cm...	3,4	3,5	3,6	3,8	4	—	—	—
$d_1$ ou $d_2 > 2 \Phi_c$ en cm ...	—	—	—	—	4	5	6,4	8

Cette condition d'enrobage sera en général facilement obtenue lorsque l'ancrage des barres aura lieu dans un poteau de largeur supérieure à celle de la poutre considérée ou dans une poutre transversale de hauteur supérieure à la hauteur de la poutre considérée.

En ce qui concerne l'ancrage des barres interrompues dans les poutres, ou au droit des jonctions par recouvrement de barres dans la partie

centrale d'une poutre, il convient de prendre des dispositions efficaces pour réaliser sûrement les distances et épaisseurs d'enrobage fixées. Dans le cas de barres interrompues les conditions requises seront en général facilement réalisées, puisque les barres n'appartiennent pas au lit le plus proche des coffrages.

5,234 2 DANS LES ZONES OU L'ADHÉRENCE EST SURABONDANTE, et pour les pièces à l'abri des intempéries, les distances des barres aux parois de coffrage pourront être réduites de manière que l'épaisseur d'enrobage soit d'au moins 1 cm dans les hourdis et de 1,5 cm dans les nervures et poutres.

*Pour les armatures de poutres courantes les variations de distance des barres au fond de moule entre le milieu de la portée et les appuis sont obtenues sans difficulté par la flexion des armatures sous leur propre poids (en effet une barre de 20 mm de 5 m de portée fléchit élastiquement d'environ 10 cm sous son propre poids).*

## 5,235 DISTANCE MINIMUM DES ARMATURES ENTRE ELLES

## 5,235 1 DANS LES ZONES D'ANCRAGE.

La distance horizontale  $e_1$  d'axe en axe entre deux ronds crénelés voisins dans un même lit et la distance verticale  $e_2$  entre deux ronds crénelés voisins dans une même file seront au moins égales à  $2 + 1,5 \Phi_c$ ,  $\Phi_c$  étant le diamètre de la plus grosse des deux barres : ( $e_1$  et  $e_2 > 2 + 1,5 \Phi_c$ ,  $e_1$ ,  $e_2$  et  $\Phi_c$  étant exprimés en centimètres).

Les distances minima exprimées par cette formule sont indiquées en centimètres dans le tableau ci-après :

Diamètre $\Phi_c$ en millimètres de la plus grosse des deux barres	8	10	12	16	20	25	32	40
Distance $e_1$ ou $e_2$ en centimètres .....	3,2	3,5	3,8	4,4	5	5,8	6,8	8
Distance correspondante entre corps cylindriques en centimètres.	2,4	2,5	2,6	2,8	3	3,3	3,6	4

## 5,235 2 DANS LES ZONES OU L'ADHÉRENCE EST SURABONDANTE.

La distance horizontale  $e_1$  d'axe en axe des barres d'un même lit devra satisfaire aux prescriptions 5,23 des Règles BA 1945.

La distance verticale  $e_2$  d'axe en axe entre deux ronds crénelés voisins dans une même file sera au moins égale à la distance définie en 5,235 diminuée de 1,5 cm ( $e_2 > 0,5 + 1,5 \Phi_c$ ,  $e_2$  et  $\Phi_c$  étant exprimés en centimètres).

Les distances minima exprimées par cette formule sont indiquées en centimètres dans le tableau ci-après :

Diamètre $\Phi_c$ en millimètres de la plus grosse des deux barres	8	10	12	16	20	25	32	40
Distance $e_2$ en centimètres .....	1,7	2	2,3	2,9	3,5	4,3	5,3	6,5
Distance correspondante entre corps cylindriques en centimètres.	0,9	1	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5

Les valeurs indiquées dans les deux tableaux ci-dessus sont des valeurs minima. On sera amené à adopter dans la pratique des valeurs supérieures en employant des chutes de ronds comme cales entre les barres de lits superposés.

5,236 TOLÉRANCE. — \*La tolérance sur les cotes  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $e_1$ ,  $e_2$  visées en 5,234 et 5,235 est égale à 0,5 cm.

## 6 ÉPREUVES DES OUVRAGES

Toutes les prescriptions 6 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

## 7 ANNEXES I

Les méthodes de calcul exposées aux annexes I des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds crénelés.

De plus :

### 7,6 RÈGLES POUR LE CALCUL DES PLANCHERS CHAMPIGNONS

#### 7,62 LIMITES DES ARMATURES

L'avant-dernier alinéa du paragraphe 7,62 des Règles BA 1945 est remplacé par ce qui suit lorsque les armatures en cause sont des ronds crénelés :

En principe, les barres inférieures n'auront pas moins de 150 diamètres nominaux de longueur et les chapeaux moins de 75 diamètres nominaux.

### 7,7 RÈGLES POUR LE CALCUL DES POUTRES CLOISONS

#### 7,72 ADHÉRENCE, RECOUVREMENTS ET ANCRAGES

La prescription 7,72 des Règles BA 1945 est remplacée par ce qui suit lorsque les armatures en cause sont des ronds crénelés :

Le diamètre nominal des barres pliées ne sera pas supérieur à :

$$\frac{l}{150}$$

Le diamètre nominal des barres horizontales et verticales réparties ne sera pas supérieur à :

$$\frac{l}{300}$$

En cas de poutres sur deux appuis simples, l'ancrage dans l'appui des barres pliées sera assuré suivant les règles normales à partir du nu intérieur de l'appui, sans crochet et pour la contrainte de traction admissible. Cet ancrage occupera la totalité de la largeur d'appui. Il en sera de même pour l'ancrage des barres du réseau horizontal.

Les recouvrements des barres horizontales et verticales, s'il y a lieu, seront décalés et se feront sans crochet, sur une longueur au moins égale à celle du scellement droit définie en 2,310 :

$$l_0 = \frac{\Phi_c R'_d}{4 R_d}$$

$\Phi_c$  étant le diamètre nominal des ronds crénelés utilisés.

En cas de poutres continues, les croisements à angle droit des barres pliées au droit de l'appui définis en 7,715 des Règles BA 1945 se feront sur une longueur égale à  $l_0$  au minimum à partir de l'axe d'appui et sans crochets (fig. 1). Les barres horizontales seront continues sur appuis et leurs recouvrements se feront autant que possible en dehors de l'appui.

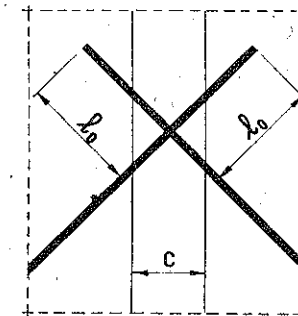


FIG. 1.

## 8 ANNEXES II

Les indications des annexes II des Règles BA 1945 sont valables en cas d'emploi de ronds crénelés.

## 9 ANNEXES III

(Voir p. 40.)

## DEUXIÈME PARTIE

---

# RÈGLES D'UTILISATION DES RONDS LISSES POUR BÉTON ARMÉ DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>

## 0 PRÉAMBULE

### 0,1 OBJET DES RÈGLES

Les présentes règles ont pour objet de définir les conditions d'emploi des ronds lisses pour béton armé de limite d'élasticité supérieure ou égale à quarante kilogrammes par millimètre carré ( $40 \text{ kg/mm}^2$ ), qui pourront être utilisés soit seuls, soit en même temps que des ronds crénelés.

### 0,2 DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes règles concernent l'utilisation des ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à  $40 \text{ kg/mm}^2$  comme armatures des éléments en béton armé :

- des immeubles à usage d'habitation, de bureaux, de locaux commerciaux.
- des constructions industrielles et agricoles.

## 1 NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX

### 1,1 ACIER

Les ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à  $40 \text{ kg/mm}^2$  seront conformes aux normes en vigueur.

*On trouvera en annexes III les caractéristiques principales des ronds lisses.*

### 1,2 BÉTON

1,21 Le ciment utilisé pour la confection des bétons destinés aux ouvrages comportant des ronds de la nuance définis en 1,1 sera de la classe 250-315 ou d'une classe supérieure.



## 2 CONTRAINTES ADMISSIBLES

### 2,1 ACIER

#### 2,10 COEXISTENCE DE RONDS LISSES ET DE RONDS CRÉNELÉS

Les armatures ayant la même direction et jouant le même rôle dans la résistance d'un élément déterminé seront toutes de même forme (toutes lisses ou toutes crénelées) et de même nuance.

Conformément aux indications des « Règles 1948 ronds crénelés », les ronds crénelés seront employés avantageusement comme armatures longitudinales dans les pièces fortement sollicitées en raison de leur gamme de diamètres.

Les ronds lisses, dont le diamètre est actuellement limité à 12 mm, seront employés par exemple dans les hourdis. Livrés en couronnes ces ronds permettent de réaliser plusieurs travées continues sans jonctions de barres.

Bien que les ronds lisses de la nuance envisagée puissent être coulés, il sera parfois préférable d'utiliser en chapeaux des ronds crénelés en raison de leur meilleure adhérence (poutres de rive par exemple).

Les ronds lisses de la nuance envisagée, dans les diamètres de 5, 6, 8, 10 et 12 mm doivent être considérés comme les armatures normales des tirants de fermes et de voûtes.

#### 2,11 CAS OU LA FISSURATION N'EST PAS NUISIBLE

2,110 Dans les conditions définies par les Règles BA 1945 et lorsque la fissuration des zones tendues ne peut être nuisible à la durabilité de l'élément ou à la bonne tenue des revêtements et enduits, la contrainte de traction maximum  $R'_a$  exprimée en kilogrammes par millimètre carré sera, pour les ronds lisses caractérisés par la limite d'élasticité conventionnelle  $n'_e$  :

$$R'_a = 0,4 n'_e + 4,8.$$

Cette valeur maximum sera autorisée dans les armatures

tendues des hourdis et éventuellement lorsque ces ronds sont employés comme des armatures transversales. Elle sera réduite à 18 kg/mm<sup>2</sup> au maximum dans les autres pièces fléchies conformément aux prescriptions 2,111 des Règles BA 1945, sauf justifications spéciales.

*Les justifications en cause visent les mesures prises pour lutter contre la fissuration (disposition et écartement des barres, ligatures transversales, mise en tension préalable).*

2,111 Il est recommandé de prendre des dispositions pour limiter l'ouverture des fissures. D'une manière générale le béton employé devra être tel que sa contrainte de compression admissible exprimée en kilogrammes par centimètre carré, soit au moins égale à un trentième (1/30) de la contrainte de traction admissible pour les armatures exprimée en kilogrammes par centimètre carré.

*Cette prescription est identique à celle des Règles des ronds crénelés en raison de la coexistence possible des deux types de ronds lisses ou crénelés dans les mêmes pièces. En outre, elle a été maintenue pour les ronds lisses employés seuls car le rapport de 1/20 fixé par les Règles BA 1945 a paru trop rigoureux pour des aciers de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.*

#### 2,12 CAS OU LA FISSURATION EST PRÉJUDICIALE

Qu'il s'agisse d'armatures de hourdis ou d'armatures de poutres, les prescriptions 2,121 0 et 2,122 0 des Règles BA 1945 sont applicables aux ronds lisses de la nuance envisagée.

#### 2,3 ASSOCIATION ACIER-BÉTON

Toutes les prescriptions 2,3 des Règles BA 1945 sont applicables aux ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

*Il importe de noter que la contrainte d'adhérence admissible pour les ronds lisses est celle définie en 2,310 des Règles BA 1945 :*

$$R_d = \frac{2R'_b}{\left(1 + \frac{\Phi}{d_1}\right) \left(1 + \frac{\Phi}{d_2}\right)}$$

### 3 CALCULS DE RÉSISTANCE

Toutes les prescriptions 3 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

### 4 PRÉSENTATION DES PROJETS

Toutes les prescriptions 4 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

De plus, lorsque des pièces comporteront des ronds lisses et des ronds crénelés, on appliquera les prescriptions 4,201 des Règles 1948 ronds crénelés.

Les dessins d'exécution des constructions dont tout ou partie des armatures sont constituées par des ronds crénelés seront établis de telle sorte qu'aucune confusion ne soit possible sur la nature exacte des armatures prévues par l'auteur du projet.

## 5 EXÉCUTION DES TRAVAUX

Toutes les prescriptions 5 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de barres lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

De plus :

**5,236** Lorsque les ronds lisses sont employés seuls, les tolérances sont celles fixées par les Règles BA 1945 et lorsque dans les pièces coexisteront des ronds crénelés et des ronds lisses, on appliquera la tolérance fixée en 5,236 dans les Règles des ronds crénelés.

## 6 ÉPREUVES DES OUVRAGES

Toutes les prescriptions 6 des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>.

## 7 ANNEXES I

Les méthodes de calcul exposées aux annexes I des Règles BA 1945 sont applicables en cas d'emploi de ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à  $40 \text{ kg/mm}^2$ .

De plus :

### 7.6 RÈGLES POUR LE CALCUL DES PLANCHERS CHAMPIGNONS

#### 7.62 LIMITES DES ARMATURES

L'avant-dernier alinéa du paragraphe 7.62 des Règles BA 1945 est remplacé par ce qui suit lorsque les ronds lisses employés sont de la nuance envisagée par les présentes Règles :

— En principe les barres inférieures n'auront pas moins de 300 diamètres de longueur et les chapeaux moins de 150 diamètres.

### 7.7 RÈGLES POUR LE CALCUL DES POUTRES CLOISONS

#### 7.72 ADHÉRENCE, RECOUVREMENTS ET ANCRAGES

Les prescriptions 7.72 des Règles BA 1945 sont remplacées par ce qui suit lorsque les armatures sont des ronds de la nuance envisagée par les présentes Règles :

— Le diamètre nominal des barres pliées ne sera pas supérieur à :

$$\frac{l}{250}$$

— Le diamètre des barres horizontales et verticales réparties ne sera pas supérieur à :

En cas de poutres sur deux appuis simples l'ancrage des barres dans l'appui sera assuré suivant les règles normales à partir du *nu intérieur* de l'appui avec ou sans crochets et pour la contrainte de traction admissible. Cet ancrage occupera la *totalité* de la largeur d'appui. Il en sera de même pour l'ancrage des barres du réseau horizontal.

Les recouvrements des barres horizontales et verticales, s'il y a lieu, seront décalés et se feront soit sans crochets sur la longueur de scellement droit, soit avec crochets sur une longueur égale à la moitié de la longueur de scellement droit.

En cas de poutres continues, les croisements à angle droit des barres pliées au droit de l'appui définis en 7.715 des Règles BA 1945 se feront soit sans crochets sur une longueur égale à  $l_0$  au minimum à partir de l'axe d'appui, soit à partir de l'axe de l'appui sur une longueur  $l_0/2$  avec crochets, suivant les schémas ci-après (fig. 2 et 3).

En règle générale l'emploi de crochets avec les ronds de limite d'élasticité supérieure ou égale à  $40 \text{ kg/mm}^2$  exige des rayons de courbure supérieurs à ceux des crochets normaux prévus par les Règles BA 1945. Pour éviter tout risque de rupture et faciliter l'opération de pliage, on utilisera autant que possible des rayons de courbure d'au moins dix diamètres.

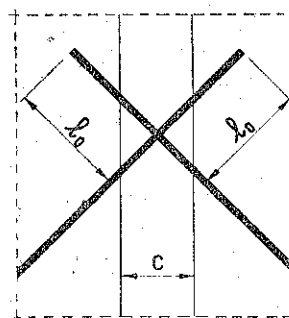


FIG. 2

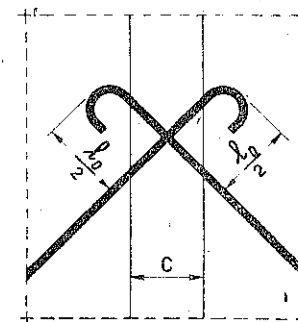


FIG. 3.

## 8 ANNEXES II

Les indications des annexes II des Règles BA 1945 sont valables en cas d'emploi des ronds lisses de limite d'élasticité supérieure ou égale à  $40 \text{ kg/mm}^2$ .

## 9 ANNEXES III

9.1 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES RONDS CRÉNELÉS ET LISSES DE LIMITE D'ÉLASTICITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE A 40 kg/mm<sup>2</sup>.

FORME, DIMENSIONS ET POIDS.

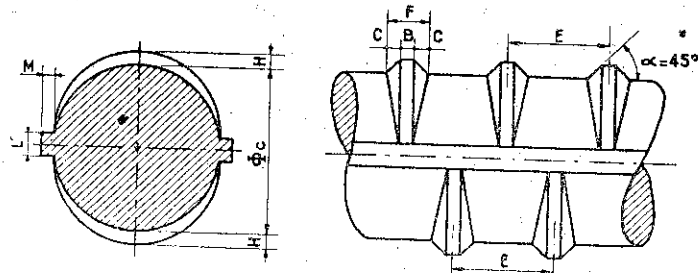


FIG. 4.

Pour les ronds crénelés, le diamètre nominal désigné par  $\Phi_c$  est le diamètre du corps cylindrique du rond.

Pour les ronds lisses, le diamètre nominal est le diamètre réel du rond.

DIAMÈTRE nominal en mm		DIMENSIONS DES RONDS CRÉNELÉS					SECTION UTILE du rond en mm <sup>2</sup>		POIDS PAR MÈTRE du rond en kg	
Ronds lisses $\Phi$	Ronds crénelés $\Phi_c$	E	H B C	F	L	M	Ronds lisses	Ronds(*) crénelés	Ronds lisses	Ronds crénelés
5	—	—	—	—	—	—	19,6	—	0,154	—
6	—	—	—	—	—	—	26,3	—	0,222	—
8	8	7,1	1	3	2	0,7	50,3	53,1	0,394	0,445
10	10	7,9	1,1	3,3	2,2	0,8	78,5	82,1	0,616	0,685
12	12	8,6	1,2	3,6	2,4	0,9	113,1	117,3	0,887	0,975
—	16	10	1,4	4,2	2,8	1	—	206,8	—	1,706
—	20	11,2	1,6	4,8	3,2	1,1	—	321,1	—	2,637
—	25	12,5	1,8	5,4	3,6	1,2	—	499,6	—	4,084
—	32	14,1	2	6	4	1,4	—	815,3	—	6,635
—	40	15,8	2,3	6,9	4,6	1,6	—	1 270	—	10,297

(\*) La section utile du rond crénelé tient compte des nervures continues parallèles à l'axe du rond. Pour tous renseignements complémentaires se reporter aux normes en vigueur.

## 9.2 MÉTHODES ET DONNÉES NUMÉRIQUES POUR LES CALCULS RELATIFS AUX CONTRAINTES NORMALES (SECTIONS RECTANGULAIRES OU EN T). DONNÉES NUMÉRIQUES DIVERSES.

## 9.20 CALCULS RELATIFS AUX CONTRAINTES NORMALES (SECTIONS RECTANGULAIRES OU EN T).

## 9.200 PRÉLIMINAIRES

Les tableaux et les règles utilisés couramment pour le calcul des pièces *fléchies* en béton armé correspondent à des valeurs de  $R'_a$  qui ne dépassent généralement pas 1 800 kg/cm<sup>2</sup>.

Pour faciliter la tâche du projeteur employant des ronds lisses et crénelés de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup>, il fallait mettre à sa disposition des tableaux plus étendus.

Les tableaux 9,25, 9,26, 9,27 donnent les indications nécessaires pour le calcul

— d'un *hourdis* ou d'une *pièce à section rectangulaire* sans aciers comprimés (tableau 9,25);

— d'une *pièce en T* sans aciers comprimés (9,25 et 9,26);

— d'une *pièce rectangulaire ou en T* avec aciers comprimés (9,25, 9,26 et 9,27).

Les abaques généralement utilisés en cas de flexion composée représentent graphiquement des relations entre des quantités sans dimension; ils peuvent donc être utilisés quelle que soit la contrainte de traction admise pour l'acier. Il est d'autre part rappelé que la flexion composée peut être ramenée à la flexion simple, par exemple par le procédé suivant :

On détermine le moment de l'effort normal  $N$  par rapport au centre de gravité de l'armature tendue, on calcule les armatures nécessaires pour la même pièce simplement *fléchie* par le moment ci-dessus défini; soit  $\omega'$  leur section,  $n'_a$  leur contrainte. La section

des armatures tendues de la pièce soumise à la flexion composée est :

$$\omega' - \frac{N}{n_a} \text{ si l'effort normal est une compression,}$$

$$\omega' + \frac{N}{n_a} \text{ si l'effort normal est une traction.}$$

### 9,201 NOTATIONS

Les notations employées ont le sens indiqué dans les Règles BA 1945 (annexes II, 8,1, notations générales).

En outre, les autres lettres ont les significations suivantes :

$$\eta = \frac{e}{h_1} \text{ épaisseur réduite des ailes;}$$

$$\delta = \frac{d}{h_1} \text{ distance réduite du centre de gravité des aciers comprimés à la fibre la plus comprimée;}$$

$$\alpha = \frac{y_1}{h_1} \text{ hauteur réduite de la zone comprimée;}$$

$$\gamma = \frac{z}{h_1} \text{ longueur réduite du bras de levier du couple élastique.}$$

On décomposera la poutre qu'il s'agit d'armer en trois poutres fictives caractérisées par le même diagramme de répartition des contraintes dans la hauteur de la section :

— la première comportant tout le béton de la nervure, jusqu'à l'arête la plus comprimée, et une partie (correspondante) des aciers tendus;

— la deuxième comportant le béton des ailes latérales et une section supplémentaire (correspondante) des aciers tendus;

— la troisième comportant l'acier comprimé, qui d'ailleurs est équivalent à une certaine section de béton comprimé dans la section totale rendue homogène, et une section supplémentaire (correspondante) des aciers tendus.

Il est clair que la première poutre fictive existe toujours; et que l'une quelconque ou l'ensemble des deux autres peut manquer.

Dans ces conditions, la signification des lettres « t » et « c », placées en indice, comme dans  $\omega_t, \lambda_t, \theta_t, \omega_c, \omega'_c$  est la suivante :

— la lettre « t » en indice montre qu'il s'agit d'une grandeur ou d'un coefficient relatif à l'influence des ailes de la poutre en T et des aciers tendus correspondants (deuxième poutre fictive);

— la lettre « c » en indice montre qu'il s'agit d'une grandeur ou d'un coefficient relatif à l'influence des aciers comprimés et de la fraction des aciers tendus qui avec eux constituent la troisième poutre fictive.

A ces indices employés dans les tableaux, on a ajouté pour la clarté du texte qui va suivre, les deux indices suivants : « n » (nervure) pour la première poutre fictive, qui, lorsqu'elle existe seule, ne nécessite pas l'emploi d'un indice; et « r » (résistant) pour le moment résistant maximum qui peut être développé par la poutre qu'il s'agit d'étudier.

La signification des coefficients  $\theta$  et  $\lambda$  est la suivante :

$$\frac{1}{\theta^2} = \frac{M}{bh_1^2}$$

$\frac{1}{\theta^2}$  est donc un *moment réduit*; l'emploi de  $\theta$  est plus pratique que celui de  $k'_1$  tel que  $k'_1 = \frac{M}{bh_1^2}$ , puisque l'on a :

$$h_1 = \theta \sqrt{\frac{M}{b}}$$

et que cette formule permet de calculer  $h_1$  ou  $\theta$  en utilisant les échelles des carrés de la règle à calcul, avec un seul déplacement de la règle.

$$\lambda = \frac{\omega'}{bh_1}$$

$\lambda$  est donc l'inverse d'un pourcentage; l'emploi de  $\lambda$  est plus pratique que celui de  $\omega'$  tel que  $\omega' = \omega' bh_1$  puisque l'on a  $\omega' = \frac{bh_1}{\lambda}$ , formule qui permet encore de calculer  $\omega'$ , quatrième proportionnelle, avec un seul déplacement de la règle.

On remarquera la présence de  $\gamma = \frac{z}{h_1}$  dans l'avant-dernière colonne du tableau 9,25; le calcul de la section d'étriers par unité de longueur  $\omega_e$  est assuré par la formule :

$$\frac{\omega_e}{e_1} = \frac{T}{zR'_a}$$

et cette formule ainsi que celles des Règles BA 1945 (3,527 14, 21, 23, 32, 330, 331), nécessite la connaissance de la valeur de  $z$ .

La limitation des valeurs de  $\eta = \frac{e}{h_1}$  dans le tableau

9,26 indique à partir de quelle valeur de  $\alpha = \frac{\gamma_1}{h_1}$  on n'est plus tenu de calculer une poutre comme poutre en T, puisque la fibre neutre tombe dans le hourdis.

Les coefficients  $\alpha$  et  $\gamma$  n'ont pas de dimensions. Au contraire, les valeurs numériques de  $\theta$  et de  $\lambda$  dépendent de l'unité de longueur et de l'unité de force employée. Celles qui figurent aux tableaux ont été calculées en prenant pour unité de longueur le centimètre et pour unité de force le kilogramme-force. On doit donc exprimer les moments en kilogrammes-centimètres, les dimensions de coffrages en centimètres et les sections d'armatures en centimètres carrés.

### 9,202 CONDUITE GÉNÉRALE DES CALCULS

On ne traitera que la détermination :

— des armatures tendues  $\omega'_n, \omega'_i, \omega'_e$  correspondant aux trois poutres fictives;

— de l'armature comprimée  $\omega_c$  de la troisième poutre fictive.

#### 9,202 1 CAS D'UN HOURDIS.

$M$  et  $h_1$  sont donnés ainsi que  $b = 100$  cm.

On en déduit  $\theta = \sqrt{\frac{bh_1^2}{M}}$

On cherche  $\theta$ , ou plutôt la valeur la plus voisine (on interpolera au besoin), dans la deuxième colonne du tableau 9,25; on lit en regard les valeurs correspondantes de  $n_b$  et de  $\lambda$ . Si  $n_b$  est inférieur ou égal à  $R_b$  la hauteur utile choisie convient et la section d'acier par mètre courant de largeur est

$$\omega' = \frac{bh_1}{\lambda}$$

Si  $n_b > R_b$ , la hauteur utile choisie est insuffisante, le

calcul est à refaire en l'augmentant. On peut d'ailleurs calculer la hauteur utile strictement suffisante par la formule :

$$h_1 = \theta \sqrt{\frac{M}{b}}$$

en choisissant pour  $\theta$  la valeur correspondante à  $R_b$ .

On peut introduire des aciers en compression ou faire état d'aciers en compression existants, comme dans le cas d'une poutre à section rectangulaire (voir ci-après).

#### 9,202 2 CAS D'UNE POUTRE A SECTION RECTANGULAIRE.

$M, h_1$  et  $b$  étant donnés, les calculs sont les mêmes que pour un hourdis. La valeur de  $\gamma$  est utilisée pour le calcul des étriers.

On peut avoir la faculté de modifier l'une ou l'autre des dimensions de coffrage, ou même toutes les deux. S'il n'en est pas ainsi, on sera quelquefois amené à introduire des barres comprimées. On emploiera alors le tableau 9,27, comme il est exposé plus loin dans le cas de la poutre en T à aciers comprimés. Ce tableau correspond à la troisième poutre fictive, la seconde étant ici inexistante.

Des aciers comprimés de construction peuvent exister en travée, mais c'est surtout dans le cas du calcul des sections au voisinage d'un appui qu'on a intérêt à tenir compte des barres qui existent à la partie inférieure comprimée. On n'oubliera pas que la contrainte de compression admissible pour le béton est portée à une valeur comprise entre  $R_b$  et  $1,5 R_b$  (d'après 3,525 des Règles BA 1945) et que la valeur maximum de  $n_a$  s'en déduit.

#### 9,202 3 CAS D'UNE POUTRE EN T.

Les ailes sont généralement constituées par le hourdis adjacent; la largeur de hourdis intéressée est fixée par les Règles BA 1945, compte tenu le cas échéant de la présence de trémies qui peut réduire la largeur de la table de compression. Il est facile alors de faire travailler le béton à un taux  $n_b$  inférieur à  $R_b$  en considérant successivement la première et la deuxième poutres fictives.

Il existe cependant une autre méthode plus expéditive et qui donne la section d'acier la plus faible (quoique en léger excès toutefois).

On commence par essayer, sur l'ensemble des deux poutres fictives, le couple de valeur :

$R'_a = 2\,100$ ,  $n_b = 40$  (cette dernière valeur étant prise pour fixer les idées; c'est, d'ailleurs, la plus faible de celles qui figurent dans le tableau 9,26).

On note simultanément, d'après les tableaux 9,25 et 9,26 les valeurs de :

$$\begin{array}{cc} \theta, & \lambda \\ \theta_t, & \lambda_t \end{array}$$

On calcule alors simultanément le *moment résistant* de la nervure centrale ( $M_n$ ) et celui des ailes ( $M_l$ ) pour les sections d'acier correspondantes (qui seront  $\omega'_n$  et  $\omega'_l$ ).

On forme le moment résistant total :

$$M_r = M_n + M_l$$

et la section d'acier correspondante :

$$\omega'_r = \omega'_n + \omega'_l.$$

Il est fort possible qu'on n'ait pas tout de suite  $M < M_r$ ; on recommence alors le calcul avec une valeur plus élevée de  $n_b$  sans toutefois que cette valeur puisse dépasser  $R_b$ .

On arrive ainsi — sauf si les dimensions de coffrage sont tout à fait insuffisantes, ou si la seule solution possible est le recours aux aciers comprimés — à pouvoir écrire :

$$M < M_r.$$

L'armature tendue est alors :

$$\omega' = \omega'_r \frac{M}{M_r}$$

#### 9,202 4 CAS D'UNE POUTRE EN T A ACIERS COMPRIMÉS.

On déduit de ce qui précède que, s'il existe, pour une raison quelconque, une section d'aciers comprimés, on sera amené à poser en introduisant les lettres  $M_c$  et  $\omega'_c$  pour la troisième poutre fictive :

$$\begin{array}{l} M_r = M_n + M_l + M_c \\ \omega'_r = \omega'_n + \omega'_l + \omega'_c \end{array}$$

et on aura alors :

$$\omega' = \omega'_r \frac{M}{M_r}$$

Le résultat pratique sera une certaine diminution de la valeur de  $\omega'$ , due à l'augmentation de la valeur du bras de levier qui résulte du relèvement vers l'arête la plus comprimée, du centre de gravité de la section comprimée rendue homogène.

Mais on sera parfois *obligé* d'introduire une section d'acier comprimé — parce que la section de béton offerte est insuffisante. Dans ce cas, le moment en travée sera  $M$  tel que  $M > M_n + M_l$  et on devra justement considérer la différence  $M_c = M - (M_n + M_l)$  qui sera le moment appliqué à la troisième poutre fictive. Cette poutre fictive a d'ailleurs une structure excessivement simple puisqu'elle se réduit à une membrure tendue et à une membrure comprimée concentrées aux centres de gravité des aciers tendus et comprimés; le bras de levier est alors :

$$h - d' - d = h_1 - d = h_1(1 - \delta).$$

Il en résulte que, pour le couple de valeurs  $R'_a = 2\,100$  et  $n_a$ , la valeur de  $n_b$  est déterminée, de telle sorte qu'on peut dire que la contrainte des aciers comprimés n'est fonction que de  $\delta = \frac{d}{h_1}$ .

Cette valeur de  $n_a$  est donnée dans le tableau 9,27 où il suffit d'expliciter  $n_b$  qui est, dans le cas considéré, la contrainte admissible  $R_b$ .

Connaissant  $n_a$ , les valeurs de  $\omega'_c$  et  $\omega'_c$  sont données par les formules inscrites en tête du tableau 9,27 :

$$\omega_c = \frac{M_c}{h_1(1 - \delta)n_a} \quad \text{et} \quad \omega'_c = \frac{M_c}{h_1(1 - \delta)R'_a}$$

Le rapprochement de ces deux formules donne :

$$\omega_c n_a = \omega'_c R'_a$$

ce qui simplifie le calcul d'une des deux quantités.

On calculera par exemple :

$$\omega_c = \frac{M_c}{(h_1 - d)n_a} \quad \text{et on aura} \quad \omega'_c = \omega_c \frac{n_a}{R'_a}$$

#### 9,202 5 CAS D'UNE POUTRE RECTANGULAIRE AVEC ACIERS COMPRIMÉS.

La seconde poutre fictive est inexistante, comme il a été dit plus haut; mais la marche du calcul demeure, en ce qui concerne les aciers comprimés, la même que précédemment.



Si d'abord, les dimensions de coffrage étant trop faibles pour qu'on puisse se dispenser d'aciers comprimés, on a  $M > M_n$ , on posera  $M_n = M - M_c$ , on se fixera la distance  $d$  du centre de gravité à l'arête la plus comprimée. La contrainte  $n_a$  des barres comprimées sera donnée en fonction de :

$$\delta = \frac{d}{h_1}$$

et de  $R_b$  par le tableau 9,27. Leur section sera :

$$\omega_c = \frac{M_c}{(h_1 - d) n_a}$$

et la section des barres tendues correspondantes  $\omega' = \omega_c \times \frac{n_a}{R}$  de sorte que la section totale des armatures tendues sera :

$$\omega' = \frac{bh_1}{\lambda} + \omega_c \frac{n_a}{R}$$

Si au contraire il existait des aciers de construction on leur appliquerait, ainsi qu'au béton, le couple de valeur  $n_b$  et  $n_a$  qui donne :

$$M_b + M_c < M$$

et on calculerait la section d'armatures tendues par la formule :

$$\omega' = \omega_r \frac{M}{M_r}$$

les indices « t » étant remplacés par les indices « c » ou si l'on préfère, la seconde poutre virtuelle étant remplacée par la troisième.

### 9,209 EFFORT TRANCHANT

Les calculs relatifs à l'effort tranchant étant généralement conduits sans l'intervention de tableaux numériques ni d'abaques, il n'en est pas fait mention ici. Cela ne veut pas dire qu'ils soient moins importants que les calculs relatifs aux contraintes normales; bien au contraire, la plus grande partie des accidents graves survenus à des constructions en béton armé ont eu pour origine des défauts de résistance à l'effort tranchant; il importe donc d'effectuer avec le plus grand soin tous les calculs relatifs à l'effort tranchant et à l'adhérence.

## 9,21 RONDS CRÉNELÉS — SECTIONS TOTALES EN CENTIMÈTRES CARRÉS DE GROUPES DE BARRES

### 9,211 GROUPES DE BARRES DE MÊME DIAMÈTRE

NOMBRE de barres	DIAMÈTRE NOMINAL DES BARRES EN MILLIMÈTRES							
	8	10	12	16	20	25	32	40
1.....	0,53	0,82	1,17	2,07	3,21	5,00	8,15	12,70
2.....	1,06	1,64	2,34	4,14	6,42	10,00	16,31	25,40
3.....	1,59	2,46	3,51	6,20	9,63	15,00	24,46	38,10
4.....	2,12	3,28	4,69	8,27	12,84	20,00	32,61	50,80
5.....	2,65	4,10	5,86	10,34	16,05	25,00	40,76	65,50
6.....	3,19	4,83	7,04	12,41	19,27	30,00	48,92	76,20
7.....	3,72	5,75	8,24	14,48	22,48	35,00	57,07	88,90
8.....	4,25	6,57	9,38	16,54	25,69	40,00	65,22	101,60
9.....	4,78	7,39	10,56	18,61	28,90	45,00	73,38	114,30
10.....	5,30	8,20	11,73	20,68	32,11	50,00	81,53	127,00
11.....	5,84	9,03	12,94	22,74	35,56	55,00	89,68	139,70
12.....	6,37	9,85	14,08	24,81	38,53	60,00	97,84	152,40

### 9,212 FILES DE DEUX BARRES DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS

COMPOSITION des files	NOMBRE DE FILES			
	1	2	3	4
8 + 10.....	1,35	2,70	4,06	5,41
8 + 12.....	1,70	3,41	5,11	6,82
10 + 12.....	1,99	3,99	5,98	7,98
10 + 16.....	2,89	5,78	8,67	11,56
12 + 16.....	3,24	6,48	9,72	12,96
12 + 20.....	4,38	8,77	13,15	17,54
16 + 20.....	5,28	10,56	15,84	21,12
16 + 25.....	7,06	14,13	21,19	28,26
16 + 32.....	10,22	20,44	30,66	40,88
20 + 25.....	8,21	16,41	24,62	32,83
20 + 32.....	11,36	22,73	34,09	45,46
25 + 32.....	13,15	26,30	39,45	52,60
25 + 40.....	17,70	35,39	53,09	70,78

9,22 RONDS CRÉNELÉS. VALEURS MINIMUM DE  $d'$   
DANS LES POUTRES ET NERVURES PERMET-  
TANT DE CALCULER LA HAUTEUR UTILE  
 $h_1 = h - d'$  DANS LES ZONES OU L'ADHÉ-  
RENCE EST SURABONDANTE

APPLICATION DES PRESCRIPTIONS RELATIVES A :

— l'épaisseur d'enrobage des barres voisines des parois :  
1,5 cm (5,234 2),

— la distance d'axe en axe des barres d'une même file  
en centimètres :  $e_2 < 0,5 + 1,5\Phi_c$  (5,235 2).

9,221 CAS D'UN SEUL LIT DE BARRES

DIAMÈTRE EN MILLIMÈTRE	8	10	12	16	20	25	32	40
$d'$ en centimètres .....	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5

9,222 CAS DE DEUX LITS DE BARRES

VALEURS DE  $d'$  EN CENTIMÈTRES

DIAMÈTRE $\Phi_c$ des barres du lit supérieur en millimètres	DIAMÈTRE $\Phi_c$ DES BARRES DU LIT INFÉRIEUR EN MILLIMÈTRES							
	8	10	12	16	20	25	32	40
8	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,8
10		3	3	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9
12			3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0
16				3,8	3,9	4,0	4,2	4,4
20					4,3	4,4	4,6	5,0
25						4,9	5,1	5,4
32							5,8	6,0
40								6,8

9,223 CAS DE TROIS LITS DE BARRES

(Deux lits inférieurs de même diamètre  $\Phi_c$ , un lit supé-  
rieur de diamètre  $\Phi_c$  inférieur ou égal à  $\Phi_c$ ).

VALEURS DE  $d'$  EN CENTIMÈTRES

DIAMÈTRE $\Phi_c$ des barres du lit supérieur en millimètres	DIAMÈTRE $\Phi_c$ DES BARRES DES DEUX LITS INFÉRIEURS EN MILLIMÈTRES							
	8	10	12	16	20	25	32	40
8	3,6	3,7	3,8	4,3	4,6	5,2	6,0	7,0
10		4,0	4,1	4,5	4,8	5,4	5,1	7,1
12			4,4	4,8	5,1	5,6	6,3	7,2
16				5,2	5,5	6,0	6,6	7,5
20					6,0	6,4	7,0	7,9
25						7,0	7,6	8,4
32							8,4	9,2
40								10

9,224 CAS DE TROIS LITS DE BARRES

(Un lit inférieur de diamètre  $\Phi_c$  et deux lits supérieurs  
de diamètre  $\Phi_c \leq \Phi_c$ )

VALEURS DE  $d'$  EN CENTIMÈTRES

DIAMÈTRE $\Phi_c$ des barres des deux lits supérieurs en millimètres	DIAMÈTRE $\Phi_c$ DES BARRES DU LIT INFÉRIEUR EN MILLIMÈTRES							
	8	10	12	16	20	25	32	40
8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	4,1
10		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,4
12			4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,7
16				5,2	5,3	5,3	5,4	5,5
20					6,0	6,1	6,2	6,3
25						7,0	7,2	7,3
32							8,4	8,6
40								10

9,23 RONDS CRÉNELÉS. LONGUEURS DE SCÈLLEMENT DROIT

9,231 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES EN PLEINE MASSE ( $d_1 = d_2 = \infty$ )

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$ ,  $R'_a = 2\ 100 \text{ kg/cm}^2$ .

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	8	10	12	16	20	25	32	40
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres.	15	19	22	30	37	46	59	73

9,232 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES DE HOURDIS

$$d_1 = 2\Phi_c \left( \text{ou } 3 + \frac{\Phi_c}{2} \right) \quad d_2 = \infty$$

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$   $R'_a = 2\ 100 \text{ kg/cm}^2$

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	8	10	12	16	20	25	32	40
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres.	18	24	30	42	55	69	88	110

9,233 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES PLACÉES EN ANGLE DES POUTRES

$$d_1 = d_2 = 2\Phi_c \left( \text{ou } 3 + \frac{\Phi_c}{2} \right)$$

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$   $R'_a = 2\ 100 \text{ kg/cm}^2$

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	8	10	12	16	20	25	32	40
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres.	23	30	39	59	82	102	131	164

9,24 RONDS LISSES  $n' \geq 40 \text{ kg/mm}^2$ . LONGUEURS DE SCÈLLEMENT DROIT

9,241 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES EN PLEINE MASSE ( $d_1 = d_2 = \infty$ )

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$   $R'_a = 1\ 800 \text{ kg/cm}^2$

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	5	6	8	10	12
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres	16	19	25	32	38

9,242 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES DE HOURDIS

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$   $R'_a = \begin{cases} 1\ 800 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{et} \\ 2\ 100 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$

enrobage 1 cm ( $d_1 = 1 + \frac{\Phi}{2}$ )  $d_2 = \infty$

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	5	6	8	10	12	
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres	$R'_a = 1\ 800 \text{ kg/cm}^2$	22	28	40	52	66
	$R'_a = 2\ 100 \text{ kg/cm}^2$	26	32	46	61	77

9,243 LONGUEUR DE SCÈLLEMENT DROIT  $l_0$  DES BARRES PLACÉES EN ANGLE DES POUTRES ET ENROBÉES DE 1,5 cm DE BÉTON

$$d_1 = d_2 = 1,5 + \frac{\Phi}{2}$$

pour  $R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$   $R'_a = 1\ 800 \text{ kg/cm}^2$

DIAMÈTRE $\Phi$ EN MILLIMÈTRES	5	6	8	10	12
Longueur de scellement droit $l_0$ en centimètres	26	34	51	71	93

9,25 SECTION RECTANGULAIRE ET NERVURÉ DES  
POUTRES EN T. VALEURS DES COEFFICIENTS  
 $\theta$  ET  $\lambda$

$$h_1 = \theta \sqrt{\frac{M}{b}} \quad \omega' = \frac{bh_1}{\lambda} \quad m = 15 \quad R'_a = 2100$$

$n_b$	$\theta$	$\lambda$	$\gamma$	$\alpha$	$n_b$	$\theta$	$\lambda$	$\gamma$	$\alpha$
20	0,914	1 680	0,958	0,125	70	0,311	180,0	0,889	0,333
21	0,874	1 533	0,956	0,130	71	0,307	175,8	0,888	0,336
22	0,837	1 406	0,955	0,136	72	0,304	171,8	0,887	0,340
23	0,804	1 294	0,953	0,141	73	0,300	167,9	0,886	0,343
24	0,774	1 196	0,951	0,146	74	0,297	164,1	0,885	0,346
25	0,746	1 109	0,949	0,152	75	0,294	160,5	0,884	0,349
26	0,720	1 031	0,948	0,157	76	0,291	157,1	0,883	0,352
27	0,696	962,1	0,946	0,162	77	0,288	153,7	0,882	0,355
28	0,674	900,0	0,944	0,167	78	0,285	150,5	0,881	0,358
29	0,653	844	0,943	0,172	79	0,282	147,4	0,880	0,361
30	0,634	793,3	0,941	0,176	80	0,280	144,4	0,879	0,364
31	0,615	747,3	0,939	0,181	81	0,277	141,5	0,878	0,367
32	0,598	705,5	0,938	0,186	82	0,274	138,7	0,877	0,369
33	0,582	667,2	0,936	0,191	83	0,272	136,0	0,876	0,372
34	0,567	632,2	0,935	0,195	84	0,269	133,3	0,875	0,375
35	0,553	600,0	0,933	0,200	85	0,267	130,8	0,874	0,378
36	0,540	570,4	0,932	0,205	86	0,265	128,3	0,873	0,381
37	0,527	543	0,930	0,209	87	0,262	126,0	0,872	0,383
38	0,515	517,7	0,929	0,213	88	0,260	123,7	0,871	0,386
39	0,504	494,3	0,927	0,218	89	0,258	121,4	0,870	0,389
40	0,493	472,5	0,926	0,222	90	0,256	119,3	0,870	0,391
41	0,483	452,2	0,924	0,227	91	0,253	117,2	0,869	0,394
42	0,473	433,3	0,923	0,231	92	0,251	115,1	0,868	0,397
43	0,463	415,7	0,922	0,235	93	0,249	113,1	0,867	0,399
44	0,454	399,2	0,920	0,239	94	0,247	111,2	0,866	0,402
45	0,446	383,7	0,919	0,243	95	0,245	109,4	0,865	0,404
46	0,438	369,2	0,917	0,247	96	0,243	107,6	0,864	0,407
47	0,430	355,5	0,916	0,251	97	0,242	105,8	0,863	0,409
48	0,422	342,7	0,915	0,255	98	0,240	104,1	0,863	0,412
49	0,415	330,6	0,914	0,259	99	0,238	102,4	0,862	0,414
50	0,408	319,2	0,912	0,263	100	0,236	100,8	0,861	0,417
51	0,401	308,4	0,911	0,267	101	0,234	99,23	0,860	0,419
52	0,395	298,2	0,910	0,271	102	0,233	97,69	0,859	0,421
53	0,389	288,6	0,908	0,275	103	0,231	96,20	0,859	0,424
54	0,383	279,4	0,907	0,278	104	0,229	94,75	0,858	0,426
55	0,377	270,7	0,906	0,282	105	0,228	93,33	0,857	0,429
56	0,372	262,5	0,905	0,286	106	0,226	91,95	0,856	0,431
57	0,366	254,7	0,903	0,289	107	0,225	90,61	0,856	0,433
58	0,361	247,2	0,902	0,292	108	0,223	89,30	0,855	0,435
59	0,356	240,1	0,901	0,296	109	0,222	88,02	0,854	0,438
60	0,351	233,3	0,900	0,300	110	0,220	86,78	0,853	0,440
61	0,347	226,9	0,899	0,303	111	0,219	85,56	0,852	0,442
62	0,342	220,7	0,898	0,307	112	0,217	84,37	0,852	0,444
63	0,338	214,8	0,896	0,310	113	0,216	83,22	0,851	0,447
64	0,334	209,2	0,895	0,314	114	0,214	82,09	0,850	0,449
65	0,329	203,8	0,894	0,317	115	0,213	80,98	0,850	0,451
66	0,325	198,6	0,893	0,320	116	0,212	79,90	0,849	0,453
67	0,322	193,7	0,892	0,324	117	0,210	78,85	0,848	0,455
68	0,318	188,9	0,891	0,326	118	0,209	77,82	0,847	0,457
69	0,314	184,4	0,890	0,330	119	0,208	76,82	0,847	0,459
					120	0,207	75,83	0,846	0,462

9,26 AILES DES POUTRES EN T. VALEURS DES COEF-  
FICIENTS  $\theta_t$  ET  $\lambda_t$

$$h_1 = \theta_t \sqrt{\frac{M}{(b-b')}} \quad \omega'_t = \frac{(b-b') h_1}{\lambda_t} \quad \eta = \frac{e}{h_1} \quad m = 15 \quad R'_a = 2100$$

$n_b$	30		72		63		50		40	
	$\theta_t$	$\lambda_t$	$\theta_t$	$\lambda_t$	$\theta_t$	$\lambda_t$	$\theta_t$	$\lambda_t$	$\theta_t$	$\lambda_t$
0,03	0,664	912,6	0,701	1 017	0,751	1 168	0,847	1 485	0,952	1 877
0,04	0,581	694,4	0,613	774,8	0,658	890,7	0,743	1 136	0,837	1 442
0,05	0,525	563,8	0,554	629,7	0,595	725,1	0,673	928,2	0,760	1 183
0,06	0,484	476,8	0,511	533,2	0,549	615,0	0,622	790,1	0,704	1 012
0,07	0,452	414,9	0,478	464,5	0,514	536,7	0,584	692,0	0,662	890,2
0,08	0,427	368,7	0,452	413,3	0,487	478,3	0,553	619,1	0,629	800,3
0,09	0,407	332,9	0,431	373,6	0,464	433,2	0,529	562,9	0,603	731,4
0,10	0,390	304,3	0,413	342,0	0,446	397,4	0,509	518,5	0,581	677,4
0,11	0,376	281,2	0,399	316,4	0,430	368,3	0,492	482,7	0,564	634,2
0,12	0,364	262,0	0,386	295,2	0,417	344,4	0,478	453,4	0,549	599,3
0,13	0,353	245,9	0,375	277,5	0,405	324,3	0,466	429,1	0,537	570,8
0,14	0,344	232,2	0,365	262,4	0,395	307,4	0,455	408,7	0,526	547,4
0,15	0,336	220,5	0,357	249,6	0,387	293,0	0,447	391,6	0,518	528,3
0,16	0,329	210,3	0,350	238,5	0,379	280,7	0,439	377,2	0,511	512,7
0,17	0,322	201,5	0,343	228,8	0,373	270,0	0,433	364,9	0,505	500,1
0,18	0,317	193,8	0,338	220,5	0,367	260,8	0,427	354,6	0,501	490,2
0,19	0,312	187,0	0,333	213,1	0,362	252,8	0,422	345,9	0,497	482,6
0,20	0,307	181,0	0,328	206,7	0,358	245,9	0,419	338,7	0,495	477,3
0,21	0,303	175,7	0,324	201,0	0,354	239,9	0,415	332,8	0,494	473,9
0,22	0,300	171,1	0,321	196,1	0,350	234,7	0,413	326,0		
0,23	0,297	166,9	0,318	191,7	0,348	230,2	0,411	324,3		
0,24	0,294	163,2	0,315	187,9	0,345	226,4	0,409	321,7		
0,25	0,291	160,0	0,313	184,6	0,343	223,3	0,409	320,0		
0,26	0,289	157,1	0,311	181,7	0,341	220,6	0,408	319,2		
0,27	0,287	154,6	0,309	179,3	0,340	218,5				
0,28	0,286	152,4	0,307	177,2	0,339	216,9				
0,29	0,284	150,5	0,306	175,5	0,338	215,7				
0,30	0,283	148,9	0,305	174,1	0,338	215,0				
0,31	0,282	147,6	0,305	173,1	0,338	214,8				
0,32	0,281	146,5	0,304	172,3						
0,33	0,281	145,6	0,304	171,9						
0,34	0,280	145,0								
0,35	0,280	144,6								
0,36	0,280	144,4								

## 9,27 ACIERS COMPRIMÉS

$$\omega_c = \frac{M_c}{h_1(1-\delta)n_a} \quad \text{et} \quad \omega_c = \frac{M_c}{h_1(1-\delta)R'_a}$$

$$R'_a = 2100$$

## CONTRAINTES DES ACIERS COMPRIMÉS

$1-\delta$	$\delta$	$n_a$	$1-\delta$	$\delta$	$n_a$	$1-\delta$	$\delta$	$n_a$
0,86	0,14	12,90 $n_b - 294$	0,90	0,10	13,50 $n_b - 210$	0,94	0,06	14,10 $n_b - 126$
0,87	0,13	13,05 $n_b - 273$	0,91	0,09	13,65 $n_b - 189$	0,95	0,05	14,25 $n_b - 105$
0,88	0,12	13,20 $n_b - 252$	0,92	0,08	13,80 $n_b - 168$	0,96	0,04	14,40 $n_b - 84$
0,89	0,11	13,35 $n_b - 231$	0,93	0,07	13,95 $n_b - 147$	0,97	0,03	14,55 $n_b - 63$

NOTA. — Dans les tableaux 9,25, 9,26 et 9,27, les valeurs numériques sont établies pour une contrainte admissible  $R'_a = 2100$ . Des tableaux analogues pour d'autres valeurs de  $R'_a$  seront publiés ultérieurement.

## 9,3 EXEMPLES DE DISPOSITIONS DE RONDS CRÊNELÉS

## 9,31 DISPOSITION DES ARMATURES DE SEMELLES

Le pliage des armatures de semelles s'avérera presque toujours indispensable et pourra être réalisé par exemple suivant la figure 5.

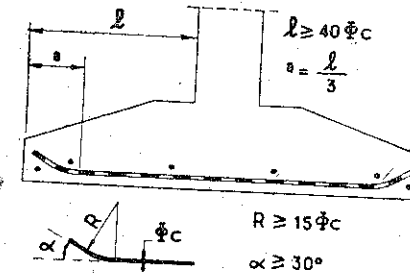


FIG. 5.

## 9,32 ANCRAGE DES BARRES LONGITUDINALES INFÉRIEURES D'UN ABOUT DE POUTRELLE DANS UNE POUTRE DE RIVE

9,321 Soit une poutre de  $68 \times 22$  cm s'appuyant sur une poutre de rive de  $110 \times 28$  cm (fig. 6).

Le moment de continuité au droit de la poutre porteuse est très faible, bien que quelques chapeaux de faible section soient prévus. On suppose, pour la vérification de la sécurité à l'appui, que celui-ci est un appui simple.

Les barres inférieures prolongées jusqu'à l'appui sont  $2 \Phi_c 20$ .

Effort tranchant :

$$T = 8500 \text{ kg.}$$

D'après la prescription 3,527 32 des Règles BA 1945 :

a) Les  $2 \Phi_c 20$  doivent être capables de supporter une traction égale à T.

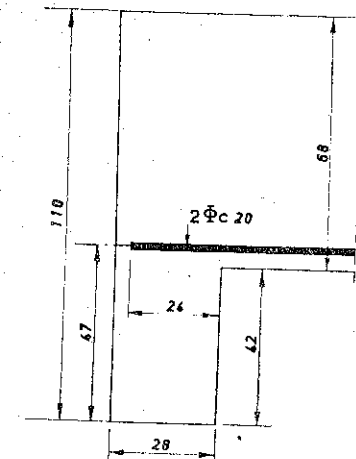


FIG. 6.

Cette condition est réalisée :

$$\frac{8\,500}{2 \times 3,21} = 1\,325 \text{ kg/cm}^2 < 2\,100 \text{ kg/cm}^2 \text{ limite autorisée}$$

b) L'ancrage de ces 2  $\Phi_c 20$  à gauche du nu de l'appui doit pouvoir supporter la même traction T. Or, ces barres peuvent être considérées comme en masse indéfinie. Dans ces conditions la longueur de scellement droit est, lorsque les barres travaillent au maximum permis, égale à 37 cm (voir tableau 9,231, annexes III).

Leur contrainte étant seulement, dans le cas présent, de 1 325 kg/cm<sup>2</sup>, la longueur de scellement nécessaire est :

$$37 \times \frac{1\,325}{2\,100} = 23,3 \text{ cm}$$

On adoptera une longueur d'ancrage de 24 cm qui se place facilement dans la poutre de 28 cm de largeur.

9,322 Considérons la même poutrelle et une poutre de rive de 16,5 de largeur (fig. 7).

Le calcul précédent montre que la largeur de 16,5 cm est insuffisante. On réalisera l'ancrage par une courbure des barres à partir du nu intérieur de la poutre de rive; l'angle développé de la partie courbe peut se déterminer par la formule du n° 2,321 des Règles BA 1945.

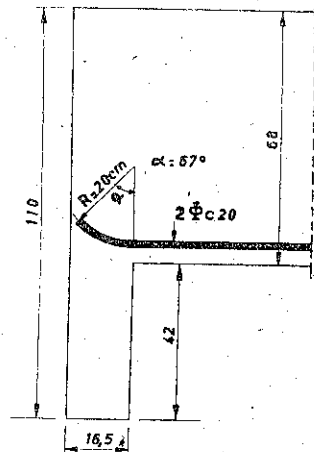


FIG. 7.

Si N est l'effort maximum; l'effort résiduel N' à l'autre extrémité de la courbe est :

$$N' = KN - (1 - K) \Phi_c R R_d.$$

Si cette valeur est nulle, l'angle suffisant sera caractérisé par la valeur du coefficient K correspondant donné par :

$$KN - 7(1 - K) \Phi_c R R_d = 0.$$

soit :

$$K = \frac{7 \Phi_c R R_d}{N + 7 \Phi_c R R_d}$$

Dans le cas actuel pour un seul rond :

$$\begin{aligned} N &= 4\,250 \text{ kg;} \\ \Phi_c &= 2 \text{ cm;} \\ R &= 20 \text{ cm (minimum de } 10 \Phi_c \text{ des Règles).} \end{aligned}$$

La valeur de  $R_d$  variant en chaque point de la courbe, on pourra adopter une valeur moyenne; par exemple on admettra  $d_1 = 10$ ,  $d_2 = \infty$  d'où pour un béton dont la résistance à la traction est 7,2 kg/cm<sup>2</sup>

$$R_d = \frac{4 \times 7,2}{1 + \frac{2}{10}} = 24 \text{ kg/cm}^2$$

Par suite :

$$K = \frac{7 \times 2 \times 20 \times 24}{4\,250 + 7 \times 2 \times 20 \times 24} = 0,6$$

qui correspond à un angle d'environ 67°.

On peut constater que cet arc de courbe peut se loger dans la largeur de la poutre de rive.

On pourra vérifier la contrainte locale de compression du béton par la formule du paragraphe 2,323 des Règles BA 1945 qui est :

$$\frac{N}{R \Phi_c} < R_b \left[ 1 + \left( 3 - \frac{\Phi_c}{d_1} \right) \left( 1 - \frac{\Phi_c}{2d_1} \right) \right]$$

Dans le cas considéré, on a :

$$\begin{aligned} N &= 4\,250 \\ R &= 20 \\ R_b &= 72 \\ d_1 &= 16,5 \\ \Phi_c &= 2 \end{aligned}$$

d'où :

$$\frac{4\,250}{20 \times 2} < 72 \left[ 1 + \left( 3 - \frac{2}{16,5} \right) \left( 1 - \frac{2}{2 \times 16,5} \right) \right]$$

ou :

$$106 < 266$$

La condition est par suite vérifiée.

L'efficacité de l'ancrage ainsi réalisé dépend étroitement de la mise en place dans le sens longitudinal de la barre dans le coffrage, ce qui s'obtient facilement par l'emploi de barres « télescopiques » se recouvrant dans le milieu de la poutre.

REGLES D'UTILISATION DES RONDS CRENELLES ET LISSES  
 POUR BETON ARME

de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm<sup>2</sup> (octobre 1948)

-----

E R R A T A

page	Lire	$\frac{1}{500}$	21ème ligne	Lire $l/\lambda = \frac{0,1}{bh}$	au lieu de
39					4,83
					4,85
43					10,54
					35,32
49					65,50