


Omar CHAALLAL

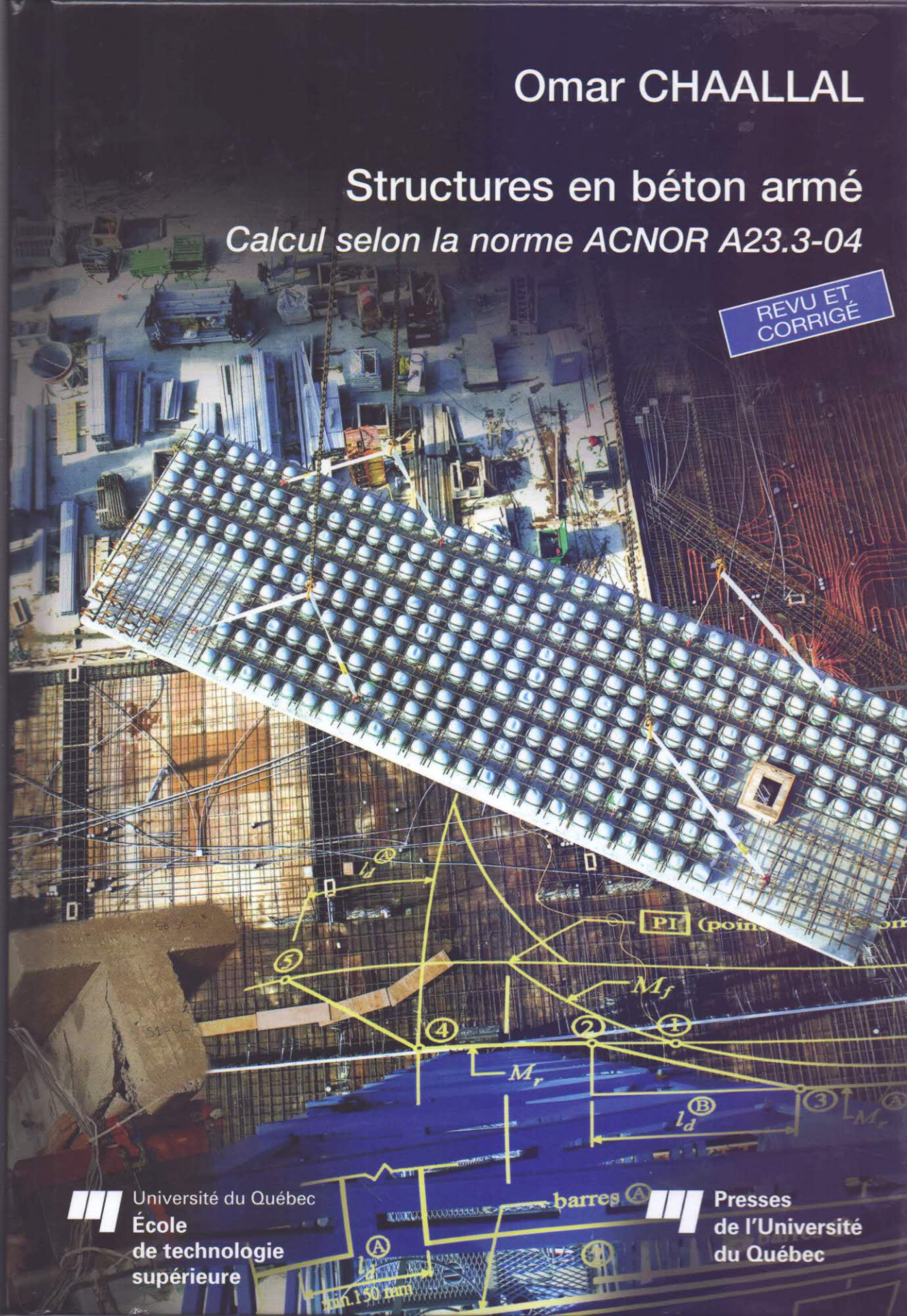
# Structures en béton armé

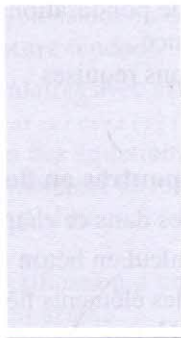
*Calcul selon la norme ACNOR A23.3-04*

REVU ET  
CORRIGÉ

 Université du Québec  
École  
de technologie  
supérieure

 Presses  
de l'Université  
du Québec





# Table des matières

Avant-propos .....	VII
Mise au point .....	VIII
Chapitre 1 <b>Matériaux</b> .....	1
1.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	1
1.2 Béton .....	3
1.3 Acier d'armature .....	10
1.4 Exemples .....	11
Exemple 1.1 – Contrainte, fluage, retrait .....	11
1.5 Problèmes .....	13
Problème 1.1 .....	13
Problème 1.2 .....	13
Problème 1.3 .....	14
Chapitre 2 <b>Bases de calcul</b> .....	15
2.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	15
2.2 Exigences de base .....	17
2.3 Sécurité vis-à-vis de l'effondrement .....	17
2.4 Vérifications aux ELU selon la norme .....	19

	2.4.1 Facteurs de pondération et coefficients de résistance .....	19
	2.4.2 Vérifications requises .....	19
	2.5 Tolérances .....	20
Chapitre 3	<b>Comportement des poutres en flexion</b> .....	21
	3.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	21
	3.2 Hypothèses de calcul en béton armé (aux états limites) .....	23
	3.3 Comportement des éléments fléchis .....	23
	3.3.1 Phase 1 – Comportement élastique avant fissuration ..	24
	3.3.2 Phase 2 – Comportement élastique après fissuration ..	25
	3.3.3 Phase 3 – Comportement inélastique .....	26
	3.3.4 Comportement à l'état ultime .....	28
	3.3.5 Section équilibrée .....	28
	3.4 États limites de service (utilisation) .....	30
	3.4.1 Fissuration .....	30
	3.4.2 Flèche .....	33
	3.5 Exemples .....	37
	Exemple 3.1 – Section rectangulaire .....	37
	Exemple 3.2 – Section en T .....	40
	Exemple 3.3 – Calcul d'une flèche:	
	poutre simple rectangulaire .....	44
	Exemple 3.4 – Calcul d'une flèche: poutre simple en T .....	46
	Exemple 3.5 – Calcul d'une flèche:	
	poutre continue rectangulaire .....	49
	3.5 Problèmes .....	53
	Problème 3.1 .....	53
	Problème 3.2 .....	54
	Problème 3.3 .....	54
	Problème 3.4 .....	55
	Problème 3.5 .....	56
Chapitre 4	<b>Dimensionnement et vérification des poutres et des dalles unidirectionnelles en flexion</b> .....	57
	4.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	57
	4.2 Exigences minimales et dispositions constructives .....	60
	4.3 Sections rectangulaires avec armature tendue .....	64
	4.3.1 Dérivation des équations .....	64
	4.3.2 Dimensionnement et vérification des poutres avec armature tendue .....	66
	4.3.3 Exemples .....	69
	Exemple 4.1 – Vérification d'une section avec armature tendue .....	69

Exemple 4.2 – Dimensionnement d'une section avec armature tendue .....	72
4.4 Sections rectangulaires avec armatures tendues et comprimées .....	76
4.4.1 Dérivation des équations .....	76
4.4.2 Dimensionnement et vérification des poutres doublement armées .....	79
4.4.3 Exemples .....	82
Exemple 4.3 – Vérification d'une section doublement armée .....	82
Exemple 4.4 – Dimensionnement d'une section doublement armée .....	85
4.5 Sections en T .....	89
4.5.1 Largeur effective .....	90
4.5.2 Dérivation des équations .....	91
4.5.3 Dimensionnement et vérification des sections en T .....	94
4.5.4 Exemples .....	96
Exemple 4.5 – Vérification d'une section en T avec axe neutre dans la semelle .....	96
Exemple 4.6 – Vérification d'une section en T avec axe neutre dans l'âme .....	99
Exemple 4.7 – Dimensionnement : section en T avec axe neutre dans l'âme .....	103
Exemple 4.8 – Dimensionnement : section en T avec axe neutre dans l'âme .....	107
4.6 Dalles portant dans une direction .....	111
4.6.1 Calcul en flexion .....	111
4.6.2 Calcul à l'effort tranchant .....	111
4.6.3 Exigences minimales .....	112
4.6.4 Dimensionnement et vérification d'une dalle portant dans une direction .....	112
4.6.5 Exemples .....	113
Exemple 4.9 – Vérification d'une dalle portant dans une direction .....	113
Exemple 4.10 – Dimensionnement d'une dalle portant dans une direction .....	116
4.7 Problèmes .....	118
Problème 4.1 .....	118
Problème 4.2 .....	119
Problème 4.3 .....	120
Problème 4.4 .....	120
Problème 4.5 .....	121
Problème 4.6 .....	122
Problème 4.7 .....	123
Problème 4.8 .....	124

	Problème 4.9.....	125
	Problème 4.10.....	126
	Problème 4.11.....	126
	Problème 4.12.....	127
	Problème 4.13.....	128
	Problème 4.14.....	129
Chapitre 5	<b>Effort tranchant</b> .....	131
	5.1 Notations utilisées dans ce chapitre.....	131
	5.2 Effort tranchant.....	133
	5.2.1 État de contrainte et formation de fissures d'un élément cisailé.....	133
	5.2.2 Mécanismes de résistance.....	134
	5.2.3 Dérivation des équations.....	135
	5.2.4 Aspects réglementaires et pratiques.....	137
	5.2.5 Dimensionnement et vérification.....	139
	5.3 Exemples.....	141
	Exemple 5.1 – Vérification à l'effort tranchant.....	141
	Exemple 5.2 – Dimensionnement à l'effort tranchant.....	144
	5.4 Problèmes.....	148
	Problème 5.1.....	148
	Problème 5.2.....	149
	Problème 5.3.....	149
	Problème 5.4.....	150
Chapitre 6	<b>Torsion</b> .....	151
	6.1 Notations utilisées dans ce chapitre.....	151
	6.2 Types de torsion.....	153
	6.3 Contraintes dues à la torsion.....	153
	6.4 Mécanismes de résistance à la torsion.....	154
	6.5 Dérivation des équations.....	154
	6.6 Considérations réglementaires et pratiques.....	158
	6.7 Dimensionnement et vérification.....	159
	6.8 Exemples.....	162
	Exemple 6.1 – Vérification d'une poutre de rive à la torsion.....	162
	Exemple 6.2 – Dimensionnement d'un poteau à la torsion.....	166
	6.9 Problèmes.....	171
	Problème 6.1.....	171
	Problème 6.2.....	172
	Problème 6.3.....	173
	Problème 6.4.....	174

Chapitre 7	<b>Ancrage des armatures</b> .....	175
	7.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	175
	7.2 Contraintes d'adhérence .....	177
	7.3 Mécanismes de résistance à l'arrachement et modes de rupture .....	177
	7.4 Longueur d'ancrage de barres droites .....	178
	7.5 Longueur d'ancrage de barres avec crochets en tension .....	181
	7.6 Longueur d'ancrage des barres en flexion .....	183
	7.7 Longueur de chevauchement .....	187
	7.8 Exemples .....	189
	Exemple 7.1 – Points d'arrêt des barres d'une poutre simple .....	189
	Exemple 7.2 – Points d'arrêt des barres d'une poutre continue .....	192
	7.9 Problèmes .....	197
	Problème 7.1 .....	197
	Problème 7.2 .....	198
	Problème 7.3 .....	199
	Problème 7.4 .....	200
Chapitre 8	<b>Méthode simplifiée pour le calcul des poutres et planchers continus</b> .....	201
	8.1 Notations utilisées dans ce chapitre .....	201
	8.2 Justification de la méthode simplifiée .....	202
	8.3 Description de la méthode simplifiée .....	203
	8.4 Calcul des moments fléchissants et des efforts tranchants aux points caractéristiques .....	203
	8.5 Enveloppe des moments et arrêt des barres .....	205
	8.6 Étapes de calcul par la méthode simplifiée .....	207
	8.7 Exemples .....	209
	Exemple 8.1 – Dimensionnement d'une dalle continue portant dans une direction .....	209
	Exemple 8.2 – Dimensionnement d'une poutre de rive continue .....	213
	8.8 Problèmes .....	218
	Problème 8.1 .....	218
	Problème 8.2 .....	219
	Problème 8.3 .....	220
	Problème 8.4 .....	221

Chapitre 9	<b>Dalles portant dans deux directions sur poutres rigides ou murs sur les quatre côtés</b> .....	223
9.1	Notations utilisées dans ce chapitre .....	223
9.2	Méthode d'analyse des dalles portant dans deux directions ..	225
9.3	Calculs initiaux .....	226
9.4	Procédure de calcul des moments .....	227
9.5	Transfert des charges aux poutres ou murs d'appui .....	231
9.6	Effort tranchant dans la dalle .....	231
9.7	Exigences réglementaires et considérations pratiques .....	232
9.8	Dimensionnement et vérification des dalles .....	233
9.9	Exemples .....	236
	Exemple 9.1 – Vérification d'une dalle portant dans deux directions .....	236
	Exemple 9.2 – Dimensionnement d'une dalle portant dans deux directions .....	242
9.10	Problèmes .....	248
	Problème 9.1 .....	248
	Problème 9.2 .....	249
	Problème 9.3 .....	250
	Problème 9.4 .....	251
Chapitre 10	<b>Dalles portant dans deux directions: méthode de calcul direct</b> .....	253
10.1	Notations utilisées dans ce chapitre .....	253
10.2	Principe de la méthode .....	255
10.3	Procédure pas à pas d'analyse et de calcul .....	256
	10.3.1 Conditions d'utilisation .....	256
	10.3.2 Épaisseur minimale de la dalle .....	256
	10.3.3 Définition des portiques et des bandes dans chacune des deux directions orthogonales .....	259
	10.3.4 Moments positifs et négatifs aux points critiques (nus des appuis et mi-portées) .....	260
	10.3.5 Répartition transversale des moments négatifs et positifs entre les bandes centrales et d'appui et les poutres .....	261
	10.3.6 Résistance à l'effort tranchant .....	263
	10.3.7 Exigences minimales et autres considérations .....	270
10.4	Étapes de dimensionnement .....	273
10.5	Exemples .....	274
	Exemple 10.1 – Dimensionnement: dalle portant dans deux directions et reposant sur des poutres non rigides ....	274
	Exemple 10.2 – Dimensionnement d'une dalle sans poutres .....	285

	Exemple 10.3 – Dimensionnement d'une dalle avec ressauts . . . . .	299
10.6	Problèmes . . . . .	308
	Problème 10.1 . . . . .	308
	Problème 10.2 . . . . .	309
Chapitre 11	<b>Membrures en compression :</b> <b>poteaux contreventés</b> . . . . .	311
11.1	Notations utilisées dans ce chapitre . . . . .	311
11.2	Généralités et définitions . . . . .	314
11.3	Élancement d'un poteau . . . . .	315
11.4	Dimensionnement d'un poteau court . . . . .	318
	11.4.1 Poteau court sous compression centrée . . . . .	318
	11.4.2 Poteau court sous compression excentrée . . . . .	320
	11.4.3 Étapes de dimensionnement et vérification d'un poteau court . . . . .	325
11.5	Poteaux contreventés élancés . . . . .	328
11.6	Introduction aux poteaux non contreventés . . . . .	333
11.7	Exigences minimales et considérations pratiques . . . . .	334
11.8	Exemples . . . . .	336
	Exemple 11.1 – Dimensionnement : poteau court et charge centrée . . . . .	336
	Exemple 11.2 – Vérification : poteau court et charge excentrée . . . . .	338
	Exemple 11.3 – Dimensionnement : poteau court et charge excentrée . . . . .	340
	Exemple 11.4 – Vérification : poteau élancé avec charge excentrée . . . . .	343
	Exemple 11.5 – Dimensionnement : poteau élancé avec charge excentrée . . . . .	346
11.9	Problèmes . . . . .	350
	Problème 11.1 . . . . .	350
	Problème 11.2 . . . . .	351
	Problème 11.3 . . . . .	351
	Problème 11.4 . . . . .	352
	Problème 11.5 . . . . .	353
	Problème 11.6 . . . . .	354
Chapitre 12	<b>Fondations</b> . . . . .	355
12.1	Notations utilisées dans ce chapitre . . . . .	355
12.2	Généralités, aspects géotechniques et définitions . . . . .	358
	12.2.1 Aspects géotechniques à considérer . . . . .	358
	12.2.2 Types de fondations . . . . .	359
	12.2.3 Capacité portante et contrainte admissible du sol . . . . .	360

12.3	Semelles de fondation isolées. ....	36
12.3.1	Calcul de la surface de la semelle .....	36
12.3.2	Calcul en flexion et à l'effort tranchant .....	36
12.3.3	Transmission de la force à la base du poteau – calcul des goujons .....	36
12.3.4	Étapes de dimensionnement et de vérification d'une semelle isolée. ....	37
12.4	Semelles continues. ....	37
12.4.1	Semelle filante non armée .....	37
12.4.2	Semelle filante armée .....	37
12.4.3	Semelles continues sous colonnes .....	37
12.5	Exemples. ....	37
	Exemple 12.1 – Vérification : semelle isolée et charge centrée .....	37
	Exemple 12.2 – Dimensionnement : semelle isolée et charge centrée .....	38
	Exemple 12.3 – Dimensionnement : semelle isolée et charge excentrée .....	38
	Exemple 12.4 – Dimensionnement : semelle continue sous mur .....	39
	Exemple 12.5 – Dimensionnement : fondation continue sous poteaux. ....	39
12.6	Problèmes .....	40
	Problème 12.1. ....	40
	Problème 12.2. ....	41
	Problème 12.3. ....	41
	Problème 12.4. ....	41
	<b>Références</b> .....	41