

2-691-32-1

2-691-32-1

— Complément au Traité de Génie Civil —
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

publié sous la direction de René Walther

CONSTRUIRE EN BÉTON

Synthèse pour architectes



René Walther

Professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
en collaboration avec

Julien Treleani

Ingénieur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Table des matières

AVANT-PROPOS	V
--------------------	---

TABLE DES MATIÈRES	VII
--------------------------	-----

BASES

1. Introduction	1
1.1 Généralités	3
1.2 Types de structures	7
1.2.1 Classification	7
1.2.2 Structures linéaires	8
1.2.3 Structures à parois minces	9
1.2.4 Structures en milieu continu	10
1.3 Elaboration des projets	11
1.4 Bases du dimensionnement	-
1.4.1 Evolution des concepts	12
1.4.2 Actions	14
1.4.3 Descente de charge	15
1.4.4 Sécurité structurale	16
1.4.5 Aptitude au service	16
1.5 Notations, unités et convention de signes	18
 2. Matériaux	 19
2.1 Remarques introductives	21
2.2 Béton	21
2.2.1 Introduction	21
2.2.2 Types de bétons	21
2.2.3 Composition	22
2.2.4 Résistance à la compression	23
2.2.4.1 Généralités	23
2.2.4.2 Valeur de calcul	24
2.2.4.3 Variation de la résistance avec l'âge	24
2.2.4.4 Résistance à la fatigue	25
2.2.5 Résistance à la traction	25
2.2.6 Résistance aux sollicitations biaxiales et triaxiales	25
2.2.7 Déformations instantanées	25
2.2.8 Fluage	28
2.2.9 Retrait	29
2.2.10 Dilatation thermique	30
2.2.11 Caractéristiques diverses	30

2.3	Aciers	31
2.3.1	Types d'aciers	31
2.3.2	Résistance, déformations	32
2.3.3	Résistance à la fatigue	33
2.3.4	Capacité d'adhérence	33
2.3.5	Dilatation thermique	34
2.4	Rappel de quelques valeurs numériques	34
2.4.1	Béton usuels	34
2.4.2	Aciers d'armature (utilisés en Suisse)	34
3.	Trajectoires ou lignes de forces	35
3.1	Notion et signification	37
3.2	Contraintes principales et cercle de Mohr	38
3.3	Applications pratiques	45
3.3.1	Remarques générales	45
3.3.2	Parois porteuses	45
3.3.3	Consoles	47
3.3.4	Points singuliers d'introduction d'une force concentrée	47
4.	Analyse des systèmes porteurs	49
4.1	Objectifs	51
4.2	Isostaticité-hyperstaticité	51
4.3	Méthode des forces	53
4.4	Méthode des déplacements et méthode des éléments finis	54
4.5	Théorie de la plasticité	58
4.6	Conclusions	63
5.	Bases générales du dimensionnement des pièces linéaires	65
5.1	Introduction	67
5.2	Principes fondamentaux	67
5.3	Sections soumises à l'effort normal	73
5.3.1	Compression centrée	73
5.3.2	Traction centrée	74
5.4	Sections soumises à la flexion simple	77
5.5	Sections soumises à la flexion composée et oblique	78
5.6	Effort tranchant et torsion	80
5.6.1	Introduction	80
5.6.2	Dimensionnement des dalles à l'effort tranchant	82
5.6.3	Dimensionnement des poutres à l'effort tranchant	82
5.6.4	Torsion	85

6.	Précontrainte	87
6.1	Aperçu historique	89
6.2	Principe de la précontrainte	89
6.3	Degré de précontrainte	90
6.3.1	Remarques générales et définitions	90
6.3.2	Balancement total	92
6.3.3	Précontrainte totale	93
6.3.4	Précontrainte partielle	93
6.4	Méthodes de précontrainte	94
6.4.1	Introduction	94
6.4.2	Pré-tension	94
6.4.3	Post-tension	95
6.4.4	Précontrainte par bobinage	95
6.4.5	Précontrainte extérieure par vérins plats	96
6.4.6	Précontrainte extérieure par câbles	97
6.5	Systèmes de précontrainte	97
6.5.1	Principes	97
6.5.2	Ancrages fixes	98
6.5.3	Ancrages mobiles	98
6.5.4	Coupleurs (ou accouplements)	100
6.6	Détails de construction	101
6.6.1	Pose des câbles	101
6.6.2	Bétonnage	102
6.6.3	Mise en tension des câbles	102
6.6.4	Injection des câbles	102
6.6.5	Cachetage	103
6.7	Remarques concernant le dimensionnement	103
7.	Détails de construction	105
7.1	Remarques préliminaires	107
7.2	Armatures	108
7.3	Enrobage et écartement des barres	110
7.4	Jonction des barres d'armature	113
7.5	Arrêts de bétonnage	114

ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

8.	Poutres, cadres, grilles et treillis	117
8.1	Introduction	119
8.1.1	Sollicitations	119
8.1.2	Divers systèmes de structures linéaires	119
8.2	Elancement	121

8.3	Disposition et dimensionnement de l'armature	123
8.3.1	Rôle de l'armature	123
8.3.2	Armature principale de traction	124
8.3.3	Armature transversale	125
8.3.4	Précontrainte	127
8.4	Exemples commentés	127
8.4.1	Eléments préfabriqués	127
8.4.2	Cadres articulés	129
8.4.3	Structures nervurées	129
8.4.4	Poutres courbes	129
8.4.5	Poutres à hauteur variable	132
8.4.6	Utilisation optimale de la matière	135
9.	Colonnes	137
9.1	Généralités	139
9.2	Flambage et instabilité	140
9.3	Remarques concernant le dimensionnement	144
9.4	Détails de construction	148
9.5	Exemples d'exécution	151
10.	Arcs	153
10.1	Historique	155
10.2	Types d'arcs	159
10.3	Formes idéales et remarques sur le dimensionnement des arcs	163
10.4	Quelques exemples d'arcs dans le bâtiment	170
11.	Murs	173
11.1	Classification	175
11.2	Eléments non porteurs	176
11.3	Enceintes de fondation et murs de soutènement	177
11.4	Contreventements	180
12.	Dalles	183
12.1	Introduction	185
12.2	Comportement structural	186
12.3	Trajectoires des moments principaux	189
12.4	Calcul et dimensionnement des dalles	191
12.4.1	Remarques générales	191
12.4.2	Dimensionnement sur la base des moments élastiques	192
12.4.3	Dimensionnement selon la théorie de la plasticité	195

12.5	Dalles précontraintes	196
12.5.1	Introduction	196
12.5.2	Disposition des câbles dans les planchers-dalles	197
12.5.3	Précontrainte sans adhérence	198
12.6	Effort tranchant et poinçonnement	199
13.	Structures plissées	205
13.1	Définition	207
13.2	Comportement structural	208
13.3	Exemples	210
14.	Coques	213
14.1	Formes et comportement structural	215
14.1.1	Généralités	215
14.1.2	Effet spatial	215
14.1.3	Effet membranaire	216
14.1.4	Applications	217
14.1.5	Remarques générales	219
14.2	Classification des coques	219
14.2.1	Définition de la courbure et de la génération de surface	219
14.2.2	Coques à simple courbure ($\kappa = 0$)	220
14.2.3	Coques à double courbure ($\kappa > 0$)	222
14.2.4	Coques à double courbure ($\kappa < 0$)	223
14.2.5	Coques à surface réglée	227
14.2.6	Coques de formes quelconques	227
14.3	Analyse et stabilité des coques	229
14.4	Méthode de construction des coques	230
15.	Structures suspendues et membranes tendues	233
15.1	Introduction	235
15.2	Structures haubanées	235
15.3	Structures suspendues	239
15.4	Structures sous-tendues	241
15.5	Membranes tendues	242

EXÉCUTION

16.	Méthodes de construction	249
16.1	Généralités	251
16.2	Cintres et coffrages	252

16.2.1	Généralités	252
16.2.2	Cintres	252
16.2.3	Coffrages traditionnels	253
16.2.4	Coffrages perdus et coffrages intégrés	255
16.2.5	Coffrages glissants et coffrages grimpants	257
16.3	Etapas de bétonnage	258
16.3.1	Généralités	258
16.3.2	Fabrication et mise en œuvre du béton	259
16.4	Procédés particuliers	261
16.4.1	Lift-Slabs	261
16.4.2	Bâtiments suspendus	262
16.4.3	Construction en taupe	263
17.	Préfabrication	265
17.1	Généralités	267
17.2	Typologie des structures préfabriquées	269
17.3	Eléments porteurs verticaux	275
17.3.1	Colonnes	275
17.3.2	Parois porteuses	275
17.4	Eléments porteurs horizontaux	279
17.4.1	Eléments linéaires (poutres, sommiers, pannes)	279
17.4.2	Eléments surfaciques de plancher	281
17.4.3	Eléments de toiture	288
17.5	Eléments particuliers	289
17.6	Précontrainte des éléments préfabriqués	289
17.7	Joints non mécaniques	291
17.8	Respect de l'intégrité de la construction	294
17.9	Intégration des installations techniques et du second œuvre	296
18.	Aspect et traitement de la surface du béton	299
18.1	Introduction	301
18.2	Traitement de la surface du béton	301
18.3	Coloration	305
18.4	Résumé	307
19.	Fondations et fouilles	309
19.1	Généralités	311
19.2	Fondations superficielles	311
19.3	Fondations profonds	313
19.3.1	Principes et types de fondations	313

19.3.2	Pieux battus	314
19.3.3	Pieux coulés en place	316
19.3.4	Micro-pieux	317
19.4	Consolidation du sol	319
19.5	Fouilles	321
19.5.1	Fouilles sans soutènement	321
19.5.2	Fouilles avec soutènement provisoire	321
19.5.3	Fouilles avec soutènement définitif	323
19.6	Tirants d'ancrage et étais	326
19.7	Rabattement de la nappe phréatique	327
20.	Annexes	331
	Liste des annexes	333