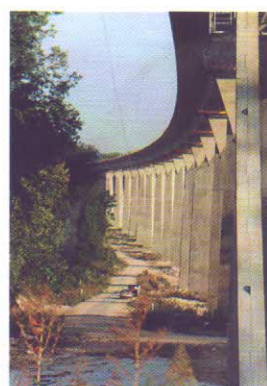


Nouveau guide du béton et de ses constituants



Huitième édition

Georges DREUX
Jean FESTA

Offert avec
le livre :
un poster
pour choisir
un ciment
approprié

E Eyrolles

TABLE DES MATIÈRES

LES CONSTITUANTS DU BÉTON

PREMIÈRE PARTIE

LES CIMENTS

CHAPITRE I – DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES CIMENTS COURANTS	25
1. Composition des ciments courants	25
1.1 Constituants principaux	25
1.1.1 Clinker Portland	25
1.1.2 Laitier granulé de haut-fourneau	26
1.1.3 Cendres volantes	27
1.1.4 Pouzzolanes naturelles	27
1.1.5 Schistes calcinés	27
1.1.6 Calcaires	27
1.1.7 Fumées de silice	28
1.1.8 Constituants secondaires	28
1.1.9 Sulfate de calcium	28
1.1.10 Additifs	28
2. Principes de fabrication des ciments courants	29
2.1 Extraction	29
2.2 Concassage	29
2.3 Préparation du cru	29
2.3.1 Préhomogénéisation	30
2.3.2 Broyage séchage	30
2.3.3 Séparation	30
2.3.4 Homogénéisation	30
2.4 Cuisson	31
2.5 Refroidissement	31
2.6 Broyage	31
2.7 Stockage, ensachage et expédition	31
3. Différents types de ciments courants	31
4. Propriétés des ciments courants	32
4.1 Caractéristiques physiques	32
4.1.1 Comportement physico-chimique de la pâte	32
4.1.2 Indice d'hydraulicité	33
4.1.3 Prise	34
4.1.4 Durcissement	34
4.1.5 Fausse prise	35
4.1.6 Chaleur d'hydratation	35

4.1.7	Finesse de mouture	35
4.1.8	Retrait normalisé.....	35
4.1.9	Expansion	36
4.1.10	Gonflement.....	37
4.2	Caractéristiques chimiques	37
4.2.1	Ciments courants	37
4.2.2	Ciments courants à caractéristiques complémentaires	38
4.2.2.1	Ciments pour travaux à la mer.....	38
4.2.2.2	Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfate.....	39
4.2.2.3	Ciments à faible chaleur d'hydratation initiale.....	40
4.2.2.4	Ciments à usage tropical	40
4.3	Caractéristiques mécaniques des ciments courants	40
4.4	Marquages des sacs	41
5.	Cas particulier des ciments blancs	42
5.1	<i>Constitution</i>	42
5.2	<i>Propriétés</i>	42
 CHAPITRE II – DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES AUTRES CIMENTS		43
1.	Ciment alumineux fondu	43
1.1	<i>Composition</i>	43
1.2	<i>Caractéristiques</i>	43
1.2.1	Caractéristiques physiques	43
1.2.2	Caractéristiques chimiques	43
1.2.3	Caractéristiques mécaniques.....	44
2.	Ciment prompt naturel	44
2.1	<i>Composition</i>	44
2.2	<i>Caractéristiques</i>	44
2.2.1	Caractéristiques physiques	44
2.2.2	Caractéristiques chimiques principales	45
2.2.3	Caractéristiques mécaniques.....	45
3.	Ciment à maçonner CM et chaux hydrauliques artificielles XHA	45
3.1	<i>Ciments à maçonner</i>	46
3.1.1	Caractéristiques suivant la norme NF P 15-307 de 1969.....	46
3.1.2	Caractéristiques suivant la norme NF P 15-307 de 1997.....	46
3.1.2.1	Caractéristiques physiques et chimiques	46
3.1.2.2	Caractéristiques mécaniques	47
3.2	<i>Chaux hydrauliques artificielles XHA</i>	47
4.	Chaux de construction	48
4.1	<i>Classification</i>	48
4.2	<i>Résistances à la compression</i>	48
5.	Chaux aériennes	49
 CHAPITRE III – CARACTÉRISTIQUES ET DOMAINES D'EMPLOI DES CIMENTS.		50
1.	Ciments Portland CPA-CEM I	50
1.1	<i>CPA-CEM I 42,5 et 42,5 R</i>	50

35	1.2	CPA-CEM I 52,5 et 52,5 R	52
35	1.3	CPA-CEM I blancs	53
36	2.	Ciments Portland composés CPJ-CEM II.....	54
37	2.1	CPJ-CEM II/A et CPJ-CEM II/B 32,5 et 32,5 R	54
37	2.2	CPJ-CEM II/A et CPJ-CEM II/B 42,5 et 42,5 R	55
37	2.3	CPJ-CEM II/A 42,5 blanc.....	56
38	2.4	CPJ-CEM II/A 52,5 et 52,5 R.....	56
38	2.5	CPJ-CEM II/A 52,5 et 52,5 R aux fumées de silice	57
39	3.	Ciments de haut-fourneau CHF-CEM III.....	58
40	3.1	CHF-CEM III/A 32,5 - 42,5 et 52,5	58
40	3.2	CHF-CEM III/B 32,5	60
40	3.3	CLK-CEM III/C 32,5.....	61
41	4.	Ciments au laitier et aux cendres. CLC-CEM V/A 32,5	62
42	5.	Ciments pouzzolaniques CPZ-CEM IV	63
42	5.1	CPZ-CEM IV /A et CPZ-CEM IV/B 42,5	63
42	5.2	CPZ-CEM IV /A et CPZ-CEM IV/B 22,5 UT.....	63
43	6.	Ciments alumineux fondu CA.....	63
43	7.	Ciments prompts naturels CNP.....	66
43	8.	Ciments blancs à maçonner	67
43	9.	Chaux de construction	68

CHAPITRE IV – CHOIX DU CIMENT EN FONCTION DES CONDITIONS CLIMATIQUES DU CHANTIER ET DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE.....

	1.	Choix du ciment en fonction des conditions climatiques.....	71
	1.1	Cas du bétonnage par temps froid	71
	1.2	Cas du bétonnage par temps chaud	72
	2.	Choix du ciment en fonction de l'agressivité de l'environnement.....	73
	2.1	Classification des environnements selon le fascicule de documentation P 18-011.....	73
	2.1.1	Classe d'agressivité A1	73
	2.1.2	Classe d'agressivité A2	74
	2.1.3	Classe d'agressivité A3	76
	2.1.4	Classe d'agressivité A4.....	77
	2.2	Classification des environnements selon la norme XP P 18-305	78
	2.3	Classification des environnements suivant le projet de norme NF EN 206	79

CHAPITRE V – CHOIX DES CIMENTS EN FONCTION DES TRAVAUX.....

	1.	Choix des ciments en fonction des types d'ouvrages.....	84
	1.1	Aveuglement de renards et de voies d'eau.....	84
	1.2	Badigeons	84
	1.3	Barrages	85

1.4	Calages	85
1.5	Carrelages	85
1.6	Chapes	86
1.7	Dallages	86
1.8	Egouts	87
1.9	Enduits	87
1.10	Fondations	91
1.11	Formes de pentes destinées à recevoir une étanchéité	92
1.12	Formes de pentes pour revêtements de sols scellés	92
1.13	Maçonneries, mortiers de pose	92
1.14	Moulages décoratifs	93
1.15	Pieux	93
1.16	Puits de fondation	94
1.17	Réparations	94
1.18	Réservoirs alimentaires	95
1.19	Scellemets	95
1.20	Semelles de fondation	96
1.21	Silos	96
1.22	Sols industriels	97
1.23	Solins de souches de cheminées	98
1.24	Traitement des sols	98
1.25	Tuiles de faîtage	98
1.26	Tunnels	98
2.	Choix des ciments en fonction du type de béton	98
2.1	Bétons architectoniques	98
2.2	Bétons armés	99
2.3	Bétons maigres	100
2.4	Bétons de grande masse	100
2.5	Bétons à hautes et très hautes performances	101
2.6	Bétons précontraints	101
2.7	Bétons de propreté	103
2.8	Bétons réfractaires	103
3.	Choix des ciments en fonction du type de mise en oeuvre	104
3.1	Bétons étuvés	104
3.2	Bétons pompés	105
3.3	Bétons projetés	106
3.4	Coulis d'injection	107
3.5	Démoulage rapide	107
3.6	Préfabrication	107
4.	Choix des ciments en fonction de l'environnement	108
4.1	Eaux pures	108
4.2	Eaux à haute teneur en sulfates	108
4.3	Eaux de mer	109
4.4	Résistance à l'usure	109
5.	Compatibilité entre béton frais et béton durci	109
6.	Compatibilité entre ciments dans un mélange	110

DEUXIÈME PARTIE
LES AUTRES CONSTITUANTS DU BÉTON

85	CHAPITRE VI – LES GRANULATS	113 —
85	1. Classes granulaires	114
86	2. Courbes granulométriques	115
86	3. Forme des granulats	116
87	4. Propreté	118
87	5. Masse spécifique - Masse volumique - Densité - Compacité - Porosité	123
91	6. Nature et qualité	125
92	6.1 <i>Les granulats courants</i>	128
92	6.2 <i>Les granulats lourds</i>	129
92	6.3 <i>Les granulats légers</i>	129
93	6.4 <i>Les granulats très durs</i>	132
93	7. Module de finesse d'un granulat	132
94	8. Foisonnement des sables	135 —
94	 	
94	CHAPITRE VII – L'EAU DE GÂCHAGE	138
94	1. Convenance	138
95	2. Essais d'aptitude	139
95	3. Teneur en chlorures	140
96	 	
96	CHAPITRE VIII – LES ADJUVANTS	142
96	1. Définition	142
97	2. Classification et utilisation	143
97	2.1 <i>Plastifiants réducteurs d'eau</i>	143
97	2.2 <i>Superplastifiants hautement réducteurs d'eau</i>	144
97	2.3 <i>Rétenteurs d'eau</i>	145
97	2.4 <i>Entraîneurs d'air</i>	146
97	2.5 <i>Accélérateurs</i>	148
97	2.6 <i>Retardateurs</i>	149
97	2.7 <i>Hydrofuges</i>	149
97	2.8 <i>Antigels et antigélifs</i>	150
97	2.9 <i>Produits divers</i>	150
97	2.10 <i>Exemples d'utilisation</i>	151
97	3. Précautions à prendre	152
97	3.1 <i>Essais de convenance</i>	152
97	3.2 <i>Interactions adjuvant-adjuvant</i>	152
97	3.3 <i>Dosage</i>	153

LE BÉTON

TROISIÈME PARTIE

ETUDE DES BÉTONS

CHAPITRE IX – FACTEURS D'ÉTUDES ET PROPRIÉTÉS ESSENTIELLES
DES BÉTONS.....

	159
1. Dimension des granulats	159
1.1 <i>Importance de la dimension maximale D</i>	159
1.2 <i>Effet de paroi, limite de D</i>	160
2. Ouvrabilité	161
2.1 <i>L'ouvrabilité, qualité première</i>	161
2.2 <i>Mesures et contrôle de l'ouvrabilité</i>	162
2.2.1 <i>Affaissement au cône d'Abrams</i>	162
2.2.2 <i>Étalement à la table à secousses</i>	163
2.2.3 <i>Maniabilimètre LCPC</i>	164
2.2.4 <i>Ouvrabilité pour béton armé (test CES)</i>	165
2.2.5 <i>Plasticimètre à rotation</i>	166
2.3 <i>Le dosage en eau, facteur d'ouvrabilité</i>	167
2.4 <i>Emploi d'adjuvants</i>	170
3. Résistance	171
3.1 <i>Essais, mesures et critères de la résistance d'un béton</i>	171
3.1.1 <i>Résistance en compression</i>	172
3.1.2 <i>Résistance en traction</i>	173
3.2 <i>Influence de la qualité du ciment</i>	174
3.3 <i>Influence du dosage en ciment et du dosage en eau</i>	174
3.3.1 <i>Rapport E/C</i>	176
3.3.2 <i>Dosage minimal en ciment</i>	178
3.4 <i>Influence de la granularité</i>	180
3.5 <i>Importance de l'adhérence mortier-gravier</i>	181
3.6 <i>Résistance du béton frais</i>	181
3.7 <i>Influence de l'âge sur le durcissement du béton</i>	186
3.8 <i>Influence de la température et de l'humidité</i>	188
3.9 <i>Résistance caractéristique</i>	188
3.10 <i>Résistances moyennes courantes</i>	189
3.11 <i>Classification et désignation des bétons</i>	190
4. Aspect statistique de la résistance caractéristique	190
4.1 <i>Dispersion des résistances</i>	190
4.2 <i>Genres de dispersions</i>	192
4.3 <i>Lots de béton</i>	192
4.4 <i>Cas des bétons certifiés</i>	193
4.5 <i>Exemple de contrôle suivi</i>	193
5. Retrait	195
6. Dilatation	197

7	Fluage	198
8	Elasticité	200
9	Effet « Poisson »	201
10.	Corrosion des bétons	201
	10.1 <i>Gonflement dû au sulfate</i>	201
	10.2 <i>Réaction alcalis-granulats</i>	202
	10.3 <i>Carbonatation</i>	203
	CHAPITRE X – COMPOSITION ET DOSAGE DES BÉTONS	205
1.	Quelques méthodes de composition des bétons	205
	1.1 <i>Méthode de Bolomey</i>	207
	1.2 <i>Méthode d'Abrams</i>	207
	1.3 <i>Méthode de Faury</i>	208
	1.4 <i>Méthode de Valette</i>	210
	1.5 <i>Méthode de Joisel</i>	211
2.	Recherches concernant la composition des bétons	212
	2.1 <i>Données essentielles de base</i>	214
	2.1.1 <i>Dimension des granulats</i>	214
	2.1.2 <i>Résistance désirée</i>	214
	2.1.3 <i>Consistance désirée</i>	214
	2.2 <i>Dosage en ciment</i>	214
	2.3 <i>Dosage en eau</i>	215
	2.4 <i>Dosage des granulats</i>	215
	2.4.1 <i>Composition théorique de référence</i>	215
	2.4.2 <i>Choix de graduation du graphique</i>	216
	2.4.3 <i>Fuseaux granulaires réels</i>	216
	2.4.4 <i>Coordonnées du point de brisure de la composition moyenne de référence</i>	221
	2.4.5 <i>Cas particulier des micro-bétons</i>	229
	2.4.6 <i>Coefficient de compacité</i>	230
	2.4.7 <i>Calcul de la composition granulaire de référence</i>	233
	2.5 <i>Essai d'étude</i>	233
	2.6 <i>Essai de convenance</i>	235
	2.7 <i>La durabilité, facteur complémentaire dans l'étude de la composition des bétons</i> ...	235
3.	Méthode pratique pour la composition des bétons	237
	3.1 <i>Données de base</i>	237
	3.1.1 <i>Nature de l'ouvrage</i>	237
	3.1.2 <i>Résistance souhaitée</i>	237
	3.1.3 <i>Consistance désirée</i>	238
	3.2 <i>Dimension maximale des granulats</i>	238
	3.3 <i>Dosage en ciment</i>	239
	3.4 <i>Dosage en eau</i>	241
	3.5 <i>Qualité des granulats</i>	244
	3.6 <i>Tracé de la courbe granulaire de référence</i>	245
	3.7 <i>Coefficient de compacité</i>	249
	3.8 <i>Dosage des granulats</i>	251
	3.9 <i>Essais d'études - Corrections - Cas des gros bétons</i>	251

3.10	<i>Exemples pratiques</i>	253
3.10.1	Premier exemple : béton binaire continu D = 20 mm.	253
3.10.2	Deuxième exemple : béton ternaire discontinu D = 50 mm.	257
3.10.3	Troisième exemple : micro-béton	259
3.11	<i>Cas particuliers des bétons de granulats légers pour structures</i>	262
3.11.1	Énoncé du problème. Définition des données principales retenues	263
3.11.2	Choix du sable.....	263
3.11.3	Choix des granulats	263
3.11.4	Eau totale et eau ajoutée	264
3.11.5	Détermination du rapport C/E.....	266
3.11.6	Détermination du dosage en ciment C.....	267
3.11.7	Détermination du rapport G/S	268
3.11.8	Compacité	268
3.11.9	Détermination des dosages en graviers et en sable	268
3.11.10	Ajustement de la formule au mètre cube	269
3.11.11	Essais d'étude	270
3.11.12	Densité caractéristique	270
3.11.13	Exemple.....	271
3.12	<i>Une méthode simplifiée pour la composition des bétons d'usage courant</i>	275
3.13	<i>Tolérances sur les dosages</i>	282
3.14	<i>Abaque pratique de dosage des bétons courants</i>	283
3.15	<i>Composition volumétrique des bétons courants</i>	284

QUATRIÈME PARTIE

FABRICATION, MISE EN ŒUVRE ET CONTRÔLE DES BÉTONS

CHAPITRE XI – FABRICATION ET TRANSPORT.....	287
1. Approvisionnement des matériaux	287
1.1 <i>Stockage des granulats</i>	287
1.2 <i>Stockage du ciment</i>	287
1.3 <i>Approvisionnement de la bétonnière</i>	287
2. Malaxage	288
2.1 <i>Les malaxeurs</i>	288
2.2 <i>Les bétonnières</i>	288
2.3 <i>Vitesse et durée de malaxage</i>	288
2.4 <i>Volumes des malaxeurs et bétonnières</i>	289
2.5 <i>Tolérances sur les dosages</i>	290
3. Transport	291
4. Pompage	291
5. Bétons prêts à l'emploi préparés en usine	293
5.1 <i>Caractères normalisés communs aux BCN et BCS</i>	294
5.2 <i>Classes d'environnement</i>	296
5.3 <i>Notion de liant équivalent</i>	298
5.4 <i>Dosage des constituants</i>	299
5.5 <i>Mélange des constituants et transport du béton</i>	300

5.6	Résistance à la compression	301
5.7	Bétons chauds.....	303
5.8	Attribution de la marque NF	303
5.9	Bons de livraison.....	304
CHAPITRE XII – MISE EN ŒUVRE.....		305
1	Généralités	305
2	Vibration	305
3	Ségrégation.....	310
4	Joints de reprise.....	311
5	Parements	311
5.1	Facteurs divers.....	312
5.2	Cas des bétons de grande masse	312
5.3	Traitements de surface.....	312
5.4	Quelques remarques importantes	314
6	Cure du béton.....	314
7	Collage du béton.....	316
8	Bétonnage par temps froid.....	316
9	Bétonnage par temps chaud.....	319
10	Bétonnage sous l'eau	320
11	Bétonnage à la mer.....	323

CINQUIÈME PARTIE

BÉTONS SPÉCIAUX & NORMALISATION

CHAPITRE XIII – BÉTONS SPÉCIAUX.....		327
1.	Bétons hautes performances.....	327
1.1	Fumées de silice	328
1.2	Composition des bétons	328
1.3	Résistances	329
1.4	Plasticité.....	329
1.5	Elasticité.....	330
1.6	Retrait.....	330
1.7	Fluage.....	331
1.8	Tenue au gel	331
1.9	Utilisations	331
2.	Les bétons du futur	332
3.	Bétons de granulats légers.....	333
3.1	Généralités	334
3.2	Composition.....	335

3.3	<i>Fabrication et mise en œuvre</i>	336
3.4	<i>Propriétés et caractéristiques des bétons légers</i>	338
4.	Bétons cellulaires	342
5.	Applications des bétons légers	343
6.	Bétons lourds	344
6.1	<i>Principaux granulats employés</i>	344
6.2	<i>Composition, dosages, résistances</i>	344
6.3	<i>Fabrication et mise en œuvre</i>	345
7.	Bétons à base de résine	346
7.1	<i>Les résines</i>	346
7.2	<i>Dosage</i>	346
7.3	<i>Résistances</i>	346
7.4	<i>Elasticité, fluage</i>	347
8.	Bétons chauffés	347
9.	Bétons moulés dans le sol	351
9.1	<i>Principe</i>	351
9.2	<i>Qualité du béton</i>	351
9.3	<i>Paroi d'étanchéité</i>	352
10.	Bétons réfractaires - Résistance au feu	352
11.	Bétons de fibres	353
11.1	<i>Fibres métalliques en acier</i>	354
11.2	<i>Fibres en fonte</i>	356
11.3	<i>Fibres de polypropylène</i>	356
11.4	<i>Fibres de verre</i>	357
12.	Bétons projetés	358
13.	Bétons de latérite	360
14.	Bétons caverneux - Fabrication et composition	361
 CHAPITRE XIV – CONTRÔLE DES BÉTONS		362
1.	Moules et éprouvettes	365
1.1	<i>Moules et éprouvettes cylindriques</i>	365
1.2	<i>Moules et éprouvettes prismatiques</i>	365
1.3	<i>Moules et éprouvettes cubiques</i>	366
2.	Différents types d'essais de contrôle	366
2.1	<i>Essais d'étude, de convenance et de contrôle</i>	367
2.2	<i>Essais d'information</i>	368
2.3	<i>Contrôles non destructifs</i>	370
2.4	<i>Essais de détection</i>	372
3.	Plan d'assurance qualité	373
4.	Confection des éprouvettes	374
4.1	<i>Mode de prélèvement et échantillonnage du béton</i>	374
4.2	<i>Mise en place par aiguille vibrante</i>	375
4.3	<i>Mise en place par piquage</i>	382

5. Nombre d'éprouvettes et critères de conformité	382
5.1 Dossier d'étude d'un béton	382
5.2 Dossier de contrôle du béton	382
5.3 Critère de consistance	389
6. Définition et exécution des essais	389
6.1 Généralités et dispositions communes	389
6.2 Essai de compression	390
6.3 Essai de traction par flexion	391
6.4 Essai de traction par fendage	392
6.5 Essai de traction directe	393
7. Influence de la dimension des éprouvettes	393
8. Cas particulier des gros bétons	395
8.1 Dimensions des éprouvettes cylindriques	395
8.2 Mesure de la consistance	396
8.3 Mesure de la résistance	397
CHAPITRE XV – NORMALISATION	398
1. Normes relatives aux liants	398
2. Normes relatives aux granulats	400
3. Normes relatives aux adjuvants	402
4. Normes relatives aux bétons	403