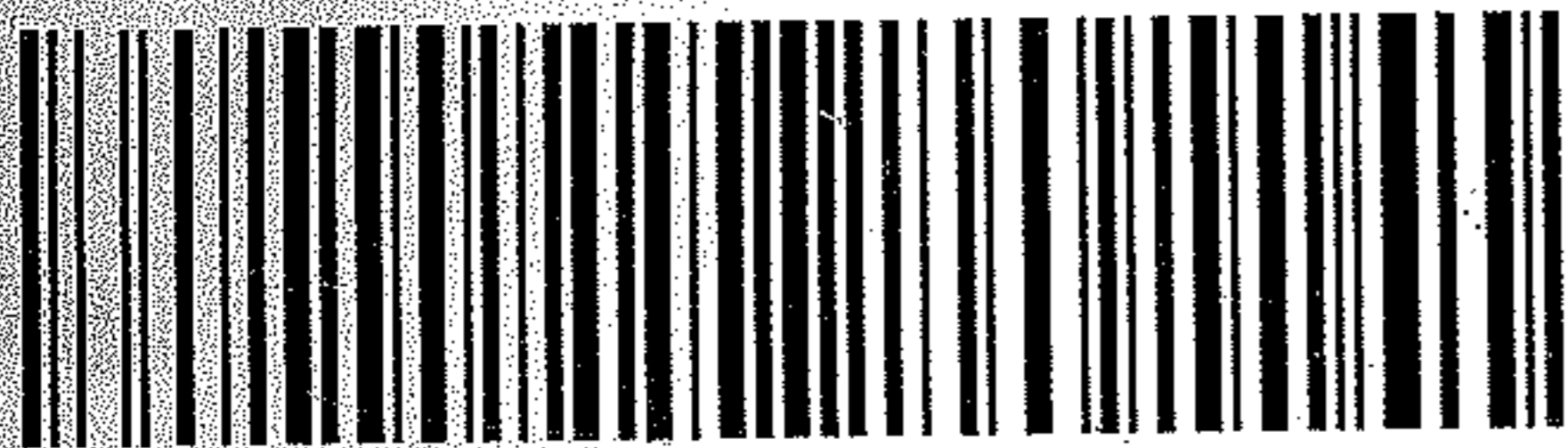


Michel Vénuat

**LA PRATIQUE
DES
CIMENTS
ET DES BETONS**

EDITIONS DU
MONITEUR
DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BATIMENT

1976



A.69-57 EX.1

A69 57
N° d'inventaire
EX.1

DES CIMENTS ET DES BETONS

Michel Vénuat

Ingénieur ETP – Docteur ès-Sciences
Chef du département Bétons au CERILH
Professeur à l'École spéciale des Travaux publics
du Bâtiment et de l'Industrie



EDITIONS DU
MONITEUR
DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BATIMENT

17, rue d'Uzès 75002 Paris

1976

table des matières

AU LECTEUR	21
INTRODUCTION	23
<hr/>	
	première partie
	les ciments
<hr/>	
Chapitre 1. — Évolution des ciments modernes	
A. — Généralités et historique	31
B. — Principes de fabrication du ciment portland	33
1° Voie humide	35
2° Voie semi-humide	35
3° Voie sèche	35
4° Voie semi-sèche	35
5° Broyage et conditionnement	36
C. — Autres types de ciment. — Les ciments spéciaux	37
1° Ciments avec constituants secondaires	37
2° Ciments spéciaux d'usage courant	38
3° Autres ciments ou liants	38
D. — Grandes tendances de l'industrie cimentière	39
1° Gigantisme et regroupement des sociétés	39
2° Évolution du matériel	39
3° Chasse aux nuisances	40
4° Évolution des procédés	40
5° Automatisation. — Contrôles	40
E. — Classification. — Normalisation. — Emplois	41
<hr/>	
Chapitre 2. — Agents de mouture du ciment	
A. — Agents de mouture utilisés par l'industrie cimentière	45
B. — Conséquences pour les utilisateurs	48
<hr/>	
Chapitre 3. — Les ciments de laitier et leurs utilisations	
A. — Historique	53

B. —	Élaboration et traitement du laitier	54
1°	Par refroidissement brusque dans l'eau	55
2°	Par refroidissement lent à l'air	57
3°	Par refroidissement dans l'eau ou à la vapeur d'eau sous pression ...	58
4°	Par refroidissement rapide à l'air comprimé	59
C. —	Caractéristiques des laitiers utilisés dans les ciments	60
D. —	Ciments de laitier	63
E. —	Emplois des ciments à base de laitier	67
1°	Propriétés principales	67
2°	Conditions d'emploi et précautions à prendre	69
3°	Exemples de réalisation	70

Chapitre 4. — Les cendres volantes et leurs utilisations

A. —	Historique de l'utilisation des cendres	75
B. —	Origine et caractéristiques principales	76
1°	Origine	76
2°	Caractéristiques physico-chimiques	78
3°	Pouvoir pouzzolanique	81
C. —	Utilisations dans les liants hydrauliques	83
1°	Ciments normalisés	83
2°	Liants non normalisés	83
D. —	Influence des cendres volantes sur les propriétés des ciments et des bétons	83
1°	Influence sur les caractéristiques des mortiers et bétons frais	83
2°	Influence sur les caractéristiques des mortiers et bétons durcis	86
E. —	Utilisations dans les bétons et les matériaux de construction	89
1°	Centrales à béton	89
2°	Béton manufacturé	89
3°	Ouvrages d'art	89
4°	Bétons légers	90
5°	Travaux routiers	90
6°	Fabrication des produits céramiques	91

Chapitre 5. — Les chaux et leurs utilisations

A. —	Introduction	93
B. —	Différentes sortes de chaux	95
1°	Chaux grasse	95
2°	Chaux hydraulique naturelle	95
3°	Chaux hydraulique artificielle	96
C. —	Principe de fabrication	96
D. —	Production de chaux hydrauliques et de chaux grasses	99
E. —	Propriétés et caractéristiques principales	100
1°	Caractéristiques des produits anhydres	100
2°	Caractéristiques des pâtes pures et des mortiers frais	100
3°	Caractéristiques des mortiers de chaux durcis	102
F. —	Utilisations dans le Bâtiment	105
1°	Maçonnerie	105
2°	Enduits	105
3°	Travaux de restauration	106
4°	Produits silico-calcaires	106
5°	Autres utilisations dans le Bâtiment	106
G. —	Utilisations dans les Travaux publics	107
1°	Traitements des sols	107
2°	Graves. — Laitiers. — Chaux	108
3°	Autres techniques	108

Chapitre 6. — Reconnaissance et identification rapides et pratiques des liants

A. — Introduction	111
B. — Identification rapide des liants	111
1° Couleur du liant	112
2° Masse volumique	112
3° Surface spécifique Blaine	112
4° Attaque chimique simple	113
5° Séparation par liqueur dense	113
C. — Caractérisation et contrôle	113
1° Méthode de Burgoa	114
2° Méthode sur petites éprouvettes	114

deuxième partie

propriétés du béton frais

Chapitre 1. — Prise et fausse prise

A. — Phénomène de prise et de durcissement	117
B. — Mesure de la prise	120
1° Essai de prise Vicat	120
2° Évolution rhéologique de la pâte, du mortier et du béton	123
C. — Facteurs influençant la prise	124
1° Influence du matériau	125
2° Influence du milieu	128
D. — Fausse prise	129

Chapitre 2. — Les adjuvants et leurs emplois

A. — Introduction	131
1° Historique	131
2° Développement	131
3° Terminologie	132
B. — Adjuvants modifiant la rhéologie et la teneur en air	132
1° Plastifiants-réducteurs d'eau	132
2° Plastifiants-rétenteurs d'eau	134
3° Entraîneurs d'air	135
C. — Adjuvants modifiant la prise et le durcissement	137
1° Accélérateurs	137
2° Retardateurs	138
D. — Adjuvants modifiant la résistance aux actions physiques et chimiques ..	139
1° Anti-gels, pare-gels, anti-gélifs	139
2° Hydrofuges	140
3° Produits de cure	141
4° Adjuvants pour coulis d'injection	141
E. — Contrôles et agréments. — La C.O.P.L.A.	142
F. — Conclusions générales	144
1° Sur les modes d'action des adjuvants et les précautions d'emploi	144
2° Sur le développement et les perspectives d'avenir	146

Chapitre 3. — Utilisation de la chaleur d'hydratation des ciments dans la réalisation des ouvrages

A. — Chaleur d'hydratation des liants hydrauliques	149
--	-----

1° Influence des constituants minéralogiques du ciment portland	150
2° Influence de la finesse de la mouture	152
3° Influence des constituants secondaires	152
4° Événement	153
5° Ordre de grandeur des chaleurs dégagées	153
B. — Paramètres modifiant l'allure des courbes de dégagement de chaleur ...	154
1° Dosage en ciment	154
2° Teneur en eau	154
3° Adjuvants	155
4° Température	156
C. — Méthodes de mesure	157
1° Méthode de la chaleur de dissolution	157
2° Méthode de la bouteille isolante	158
3° Méthode du calorimètre adiabatique	158
4° Autres méthodes	159
D. — Quelques applications	160
1° Calcul de la température du béton frais	160
2° Ouvrages en grande masse	160
3° Étuvage	163

Chapitre 4. — Ouvrabilité et plasticité des mortiers et des bétons

A. — Introduction	165
B. — Rhéologie du béton frais	166
1° Eau	166
2° Ciment anhydre et granulats inertes	167
3° Coulis de ciment	167
4° Bétons	168
C. — Méthodes de mesure	169
1° Méthodes et appareils de laboratoire	170
2° Appareils de chantier	177
D. — Influence de certains facteurs sur l'ouvrabilité des mortiers et bétons ..	180
1° Ciment	180
2° Eau et rapport eau/ciment (en poids)	180
3° Éléments inertes ou pouzzolaniques	180
4° Action des adjuvants utilisables	183
5° Influence du malaxage, du temps d'attente avant mise en œuvre et de la température	185
6° Influence de la vibration	186

Chapitre 5. — Industrie du béton prêt à l'emploi en France

A. — Historique et développement	189
B. — Fonctionnement d'une centrale	192
1° Réception et stockage des matières premières	193
2° Poste de pesage	193
3° Poste de malaxage et de commande	195
4° Poste d'expédition	196
5° Contrôles et essais	198
6° Mise en œuvre sur le chantier	198
C. — Problèmes posés et avenir du B.P.E.	198

Chapitre 6. — Bétons prêts à l'emploi préparés en usine

A. — Généralités	201
B. — Caractéristiques principales des bétons prêts à l'emploi	202

1° Granularité	202
2° Nature et dosage minimal en ciment	202
3° Consistance	203
4° Résistance	204
5° Bétons à caractéristiques normalisées	205
6° Projet de révision de la norme	205
C. — Contrôle de qualité et agréments des centrales	207

Chapitre 7. — Mise en place du béton frais. — Coffrage et vibration du béton

A. — Coffrages	211
1° Rôle et conception	211
2° Nature des coffrages	213
3° Précautions et entretien	216
4° Cas spéciaux	217
B. — Vibration	217
1° But de la vibration	218
2° Différents appareils vibrants	218
3° Effets de la vibration	222
4° Revibration	223

troisième partie

**propriétés
du béton durci**

Chapitre 1. — Traitement thermique des bétons

A. — Historique et développement	227
B. — Différentes techniques de chauffage	229
1° Procédé du béton chaud	229
2° Procédé du chauffage du béton en moule	231
C. — Influence de la composition du béton	233
1° Nature du ciment	233
2° Teneur en eau	234
3° Adjuvants	235
D. — Influence des conditions de traitement	235
1° Influence de la préprise	236
2° Influence de la vitesse de montée en température	237
3° Influence de la température de traitement	237
4° Influence de la vitesse de refroidissement	329
E. — Prévision des résistances	239
1° Résistances au démoulage	239
2° Facteur de maturité	240
F. — Principales recommandations	241

Chapitre 2. — Confection des bétons à hautes résistances mécaniques

A. — Introduction	245
B. — Influence du liant	246
C. — Influence de la composition du béton	249
1° Dosage en eau et en ciment	249
2° Traitement magnétique de l'eau	251
3° Granulats	251

4° Adjuvants	252
5° Fibres	253
D. — Influence de la mise en œuvre	253
1° Malaxage	253
2° Mise en œuvre par vibration, pré vibration ou revibration	254
3° Mise en œuvre par pression	256
4° Traitement thermique	256
E. — Influence de la cure et des traitements	259
1° Cure	259
2° Traitements	260

Chapitre 3. — Retraits du béton

A. — Retrait de dessiccation interne	264
B. — Retrait d'évaporation avant prise	264
1° Quant aux conditions atmosphériques	266
2° Quant aux caractéristiques du matériau	268
3° Quant à la forme de l'ouvrage	268
4° Précautions à prendre pour éviter le retrait plastique	268
C. — Retrait hydraulique après prise	269
1° Influence du temps et de la conservation	271
2° Influence du matériau	272
D. — Retrait thermique	277

Chapitre 4. — Fluage et déformabilité des bétons

A. — Déformations du béton	279
1° Classification des déformations et terminologie	279
2° Historique et recherches sur le fluage	281
3° Méthodes d'étude utilisées	281
B. — Influences du matériau et de l'environnement	282
1° Influence des constituants du béton	282
2° Influence du temps, du milieu, du chargement	286
C. — Théories et calcul des déformations et du fluage	289
1° Calcul rapide	289
2° Recommandations pratiques	290

Chapitre 5. — Essais de fissuration du ciment et du béton

A. — Problème des fissures dans les ouvrages	293
1° Retrait hydraulique après prise	294
2° Retrait thermique	294
3° Expansions	294
4° Mouvements du sol	295
5° Charges et surcharges	295
6° Milieu extérieur	295
B. — Origine de l'essai à l'anneau de pâte pure	295
C. — Technique opératoire et mécanisme de rupture	296
D. — Résultats pratiques obtenus	298
1° Conditions opératoires	298
2° Influence de la nature des matériaux	299
E. — Critiques de l'essai	300
F. — Autres tentatives et appareils de laboratoires	300
1° Sur béton frais	300
2° Sur béton jeune durci	302

Chapitre 6. — Carbonatation des bétons

A. — Phénomène.....	305
B. — Méthodes d'essais et vitesse de carbonatation	307
1° Méthodes d'essais	307
2° Vitesse de carbonatation	308
C. — Principaux facteurs qui influent sur la carbonatation	310
1° Composition du béton	310
2° Milieu et nature de l'ouvrage	313
D. — Conséquences de la carbonatation et applications pratiques	314
1° Carbonatation du ciment et fausse prise	314
2° Résistances mécaniques et module de déformation	314
3° Variations volumiques et teinte	315
4° Pérennité des bétons	315

Chapitre 7. — Résistance au gel des bétons durcis

A. — Rappel des précautions à prendre pour bétonner par temps froid	317
B. — Causes du gel du béton. — Le phénomène	318
1° État de saturation au moment du gel	318
2° Structure du béton.....	318
3° Vitesse de refroidissement	319
4° Résistance du béton	319
C. — Résistance au gel	321
1° Influence des principaux paramètres	321
2° Méthodes d'essais	325
3° Examen d'ouvrages endommagés	328
D. — Précautions à prendre.....	330
1° Choix du ciment	330
2° Dosage en liant et en eau	330
3° Granulats	331
4° Adjuvants	331
5° Malaxage, mise en place et conservation	331

quatrième partie

conseils et recommandations

Chapitre 1. — Pour bétonner par temps chaud

A. — La chaleur et ses effets	335
1° Temps chaud	335
2° Effets sur le béton frais	337
3° Effets sur le béton durci	343
B. — Précautions à prendre	345
1° Choix des matériaux	345
2° Température du béton frais	346
3° Confection des bétons et mise en œuvre	347
4° Protection et cure	347
5° Contrôle	348

Chapitre 2. — Pour bétonner par temps froid

A. — Gélivité du béton	351
1° Première période : avant la prise.....	351
2° Deuxième période : entre le début et la fin de la prise	352
3° Troisième période : après la prise	352

B. — Choix des matériaux	354
1° Ciments	354
2° Granulats	355
3° Composition du béton	355
4° Adjuvants	356
C. — Choix des procédés	357
1° Chauffage séparé des constituants du béton	357
2° Chauffage global du béton	359
3° Traitement thermique	359
4° Méthodes de protection	360
D. — Recommandations pratiques et contrôles	361

Chapitre 3. — Pour éviter ou provoquer des gonflements

A. — Principales causes des gonflements	365
1° Expansifs des ciments	366
2° Réactions avec les alcalis	367
3° Ajout de poudres métalliques	368
B. — Comment éviter les gonflements	368
C. — Comment provoquer les gonflements	369
1° Famille des ciments expansifs	369
2° Poudres oxydables	374

Chapitre 4. — Pour l'injection et la protection des armatures de pré-contrainte

A. — Corrosion et protection des aciers	378
1° Rupture par dissolution généralisée	378
2° Rupture de corrosion par piquûre	378
3° Rupture par corrosion fissurante sous tension	379
B. — Coulis d'injection	380
1° Caractéristiques des coulis d'injection	380
2° Choix des matériaux	384
3° Méthodes expérimentales	385
C. — Protections à prendre pour l'injection des gaines, le contrôle de l'injection et la réinjection	387
1° Précautions à prendre	387
2° Contrôle de l'injection	389
3° Réinjection des gaines	390

Chapitre 5. — Pour confectionner un béton résistant au choc et à l'usure

A. — Résistance aux chocs	393
B. — Résistance à l'usure	396
1° Mesure de la résistance à l'usure des granulats	396
2° Mesure de la résistance à l'usure de la surface du béton	396
3° Recommandations pour confectionner un béton résistant à l'usure	397

Chapitre 6. — Pour confectionner un béton résistant à l'action agressive de l'eau de mer

A. — Historique	399
B. — Mécanismes d'attaque des bétons par les eaux de mer	400
1° Action d'origine mécanique	400
2° Action d'origine physique	400
3° Actions chimiques	401

C. — Technique des essais	403
1° Complexité des problèmes posés	403
2° Principe des modes opératoires les plus courants	404
D. — Réglementation	408
E. — Examen des principaux paramètres qui interviennent et précautions à prendre	409
1° Choix du ciment	409
2° Eau de gâchage	411
3° Rapport eau/ciment	412
4° Composition du béton et mise en œuvre	412
5° Adjuvants	412
6° Conservation	414
7° Forme de l'ouvrage	414
8° Nature du béton	414
9° Milieu	414

Chapitre 7. — Pour la confection des enduits

A. — Généralités	417
B. — Rôle des enduits	418
1° Bonne adhérence au support	418
2° Élasticité	419
3° Étanchéité à l'eau	419
4° Aspect et teinte uniformes	419
C. — Composition et caractéristiques principales	419
1° Sable	419
2° Liants	420
3° Adjuvants	422
4° Eau de gâchage	422
5° Armatures métalliques	423
6° Mortiers prêts à l'emploi	423
D. — Exécution des enduits	423
1° Préparation des supports	423
2° Préparation du mortier	424
3° Exécution des différentes couches	424
E. — Principales malfaçons rencontrées. — Causes des désordres observés ...	432
1° Fissurations	432
2° Décollements et éclatements locaux	435
3° Teintes et aspects différents	436

Chapitre 8. — Pour l'obtention d'un béton ayant un bon aspect de surface

A. — Généralités	437
B. — Importance de la composition du béton	438
1° Ciment	438
2° Eau	439
3° Granulats	439
4° Colorants	440
5° Adjuvants	440
C. — Importance de la mise en place	440
D. — Décoffrage. — Cure. — Finitions	443
E. — Traitements de surface. — Vieillissement	444
1° Béton brut de décoffrage	445
2° Béton à granuiats apparents	445
3° Béton à granulats rapportés	445
4° Béton à surface travaillée	446

Chapitre 1. — Industrie du béton manufacturé

A.	— Historique et développement	451
	1° Premiers éléments en béton	451
	2° Structure de la profession	452
	3° Évolution. — Situation actuelle	453
	4° Manifestations internationales	453
B.	— Différentes catégories de produits fabriqués	454
	1° Nomenclature	454
	2° Statistiques comparées	458
C.	— Qualité. — Normalisation. — Contrôle	460

Chapitre 2. — Béton moulé

A.	— Différents types de béton moulé et leur évolution	463
B.	— Confection des bétons moulés	464
	1° Matériaux	464
	2° Composition du béton	465
	3° Malaxage et transport	466
	4° Mise en œuvre	466
	5° Démoulage et cure	466
C.	— Exemples de réalisations	466

Chapitre 3. — Béton de granulats légers

A.	— Différentes sortes de granulats légers	471
	1° Généralités	471
	2° Fabrication de l'argile et du schiste expansés	473
	3° Caractéristiques et propriétés principales	476
	4° Développement et perspectives d'avenir	480
B.	— Bétons légers	481
	1° Confection des bétons	481
	2° Essais de laboratoire	482
	3° Développement — Réalisations — Prix	483

Chapitre 4. — Barrages

A.	— Rappel de notions générales	487
B.	— Caractéristiques des bétons de barrage	489
	1° Facteur ciment	489
	2° Granulats	490
	3° Eau	490
	4° Adjuvants	490
	5° Contrôle	490
C.	— Problèmes particuliers aux barrages	490
	1° Dispositifs d'étanchéité. — Injections	490
	2° Revêtements en béton	491
	3° Technique des sols-ciments appliquée aux barrages	491
	4° Technique du béton maigre	492
	5° Dégradations : causes et remèdes	493

D. — Moyens d'amélioration des techniques de construction	495
1° Simplification du projet	495
2° Amélioration des techniques de construction	495
3° Utilisation de matériaux nouveaux	495
4° Progrès dans les matériels de chantier	496
E. — Congrès internationaux	496
<hr/>	
Chapitre 5. — Bétons armés de fibres	
A. — Pourquoi l'idée d'armer de fibres le béton?	499
B. — Éventail des fibres disponibles	501
C. — Propriétés des fibres utilisées	503
D. — Confection et propriétés des bétons de fibres	507
E. — Applications	509
<hr/>	
Chapitre 6. — Bateaux en ciment	
A. — Historique	513
B. — Bateaux en ferro-ciment	516
1° Procédé de construction	516
2° Avantages et inconvénients	520
3° Exemples de réalisations récentes	520
C. — Bateaux en béton	521
<hr/>	
Chapitre 7. — Utilisation des ciments dans les techniques routières	
A. — Généralités sur les routes	523
1° Chaussées en béton	524
2° Chaussées souples	524
B. — Assises de chaussée : couche de base traitée en grave-ciment	525
1° Généralités	525
2° Constitution et propriétés de la grave-ciment	526
3° Mise en œuvre et exemples de réalisations	527
C. — Chaussées en béton	529
1° Dimensionnement	529
2° Matériaux et fabrication du béton	529
3° Mise en œuvre et finition	531
4° Exemple de réalisation	532
D. — Entretien des routes en béton. — Problème du confort et de la sécurité	533
1° Généralités	533
2° Rainurage	534
3° Barrières de sécurité en béton	535
<hr/>	
Chapitre 8. — Sols-ciments	
A. — But et domaine d'application	537
1° Sols pouvant être stabilisés	538
2° Techniques utilisées	540
B. — Réalisations et perspectives d'avenir	545
<hr/>	
Chapitre 9. — Démolition et destruction des bétons	
A. — Généralités	547
B. — Procédés mécaniques	548

1° Appareils rotatifs.....	548
2° Marteaux-piqueurs et brise-béton.....	549
3° Engins mécaniques de démolition.....	549
4° Vérins hydrauliques.....	549
5° Appareils fonctionnant par détente de gaz.....	550
C. — Procédés thermiques.....	551
1° Découpe thermique par lance à oxygène.....	551
2° Chauffage électrique.....	553
D. — Destruction du béton par explosifs.....	553
1° Historique.....	553
2° Notions générales.....	554
3° Nature et choix des explosifs industriels.....	554
4° Explosifs militaires.....	556
5° Mise à feu.....	556
6° Problèmes posés par la démolition du béton à l'explosif.....	556
7° Procédés traditionnels.....	557
8° Procédés spéciaux.....	558
9° Exemples de démolitions.....	559
E. — Autres procédés envisageables.....	560
1° Destruction par pression d'eau.....	560
2° Procédé électrochimique de destruction.....	561
3° Lasers.....	561
4° Chalumeau à plasma.....	561
5° Procédés nucléaires.....	562
6° Procédé par hyperfréquence.....	562

sixième partie

**centres techniques
laboratoires
et organismes de contrôle**

Chapitre 1. — Centres thermiques et laboratoires de recherches et de contrôle

Centre expérimental de recherches et d'études du Bâtiment et des Travaux publics.....	566
Centre de recherches et d'essais de Guerville.....	569
Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton manufacturé.....	571
Centre d'études et de recherches de l'industrie des liants hydrauliques.....	573
Laboratoire des Ciments Lafarge.....	574
Laboratoires du bureau Véritas.....	576
Centre scientifique et technique du Bâtiment.....	577
Centre d'essais des matériaux et d'étude des techniques d'exécution.....	578
Laboratoire central des Ponts et Chaussées.....	579
Laboratoire national d'essais.....	581
Service de contrôle des matériaux de la Ville de Paris.....	582

Chapitre 2. — Organismes nationaux et internationaux

A. — Domaine des méthodes d'essais.....	585
1° Réunion internationale des laboratoires d'essais de matériaux.....	585
2° Association française de recherches et d'essais sur les matériaux et les constructions.....	586
B. — Domaine des ciments et des adjuvants.....	586
1° Association européenne du ciment.....	586
2° Commission permanente des liants hydrauliques.....	587
3° Syndicat national des adjuvants pour bétons et mortiers.....	587

C. — Domaine du béton manufacturé	587
D. — Domaine du béton prêt à l'emploi	588
E. — Domaine des routes	588
F. — Domaine des barrages	588
G. — Domaine du béton armé et précontraint et du Bâtiment	588
H. — Domaine des ponts et charpentes	589
I. — Domaine de la normalisation	589
J. — Regroupement des centres français de recherches	590

Chapitre 3. — Contrôles en laboratoires ou sur le chantier

A. — Position du problème	591
B. — Principaux contrôles	592
1° Contrôles sur les constituants	592
2° Contrôles sur la pâte pure	592
3° Contrôles sur mortier 1/3 normalisé	592
4° Contrôles sur béton	593
C. — Essais accélérés	593
1° Essais effectués sur le ciment	593
2° Essais effectués sur le béton	594
D. — Essais non destructifs	594
1° Méthode du scléromètre	594
2° Méthodes soniques	594
E. — Interprétations des contrôles	595
1° Caractère représentatif du béton de laboratoire et de chantier	595
2° Échantillonnage. — Dispersion des essais	598

septième partie

**vers les bétons
de l'an 2000**

A. — Les étapes d'un développement : naissance et croissance du béton ...	601
B. — Composition et caractéristiques des bétons modernes	605
1° Liants hydrauliques	605
2° Granulats	606
3° Adjuvants des bétons	606
C. — Bétons spéciaux et traitement des bétons	607
1° Bétons armés de fibres	607
2° Bétons polymérisés	607
3° Traitement par la chaleur	608
4° Béton colloïdal léger	609
5° Mortier et béton projeté	609
D. — Industrialisation du béton	610
1° Béton prêt à l'emploi	610
2° Béton manufacturé	610
E. — Améliorations souhaitées et recherches nouvelles	611
F. — Perspectives nouvelles	611
1° Vers des structures de plus en plus audacieuses	611
2° Vers de nouveaux domaines d'utilisation	613

Bibliographie

617