

TRAITÉ
DE
MATÉRIAUX
DE
CONSTRUCTION

PAR

M. DURIEZ

DIRECTEUR DES SERVICES TECHNIQUES
DU LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,

PROFESSEUR ET CHEF DES TRAVAUX PRATIQUES
A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES A PARIS

PRÉFACE DE

L. GRELOT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME II

PARIS



1950

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE.....	VII
CHAPITRE VIII MORTIERS ET BÉTONS HYDROCARBONÉS TECHNOLOGIE DES ESSAIS SUR LES LIANTS	
A. — Composition des mortiers et bétons bitumineux.	
262. — Généralités sur les mortiers et bétons hydrocarbonés.....	1
263. — Procédés d'étude et de réalisation de bétons hydrocarbonés de divers types.....	14
264. — Evolution des granulométries des bétons bitumineux en service	18
265. — Epaisseur de la pellicule d'enrobage des grains, relation avec la dimension du grain moyen, avec la surface spécifique; dosage en liant.....	19
266. — Les divers types de bétons bitumineux compacts exécutés à chaud (routes, aérodromes, revêtements d'étanchéité)	28
267. — Nature et caractéristiques du liant qui convient aux différents bétons hydrocarbonés	39
268. — Le béton bitumineux doit-il être à granulométrie continue ou discontinue ?	42
269. — Renseignements sur la conduite des essais des matériaux entrant dans la composition des bétons hydrocarbonés	53
270. — Influence du climat sur le choix des éléments	61
271. — Résumé des principes qui peuvent servir de guide dans la mise en œuvre des bétons hydrocarbonés	64
272. — Bétons hydrocarbonés ouverts et semi-fermés; caractères distinctifs entre bétons fermés et bétons ouverts.....	68
273. — Bétons hydrocarbonés de protection ou d'étanchéité, fabriqués et posés à chaud ou à froid	75
274. — Association et liaison des bétons hydrocarbonés avec des bétons hydrauliques et des bétons d'argile	76
275. — Maniabilité des bétons bitumineux pour revêtements de chaussées et d'aérodromes	80
276. — Les microbétons	83
277. — Caractéristiques physiques et mécaniques des mortiers et bétons hydrocarbonés.....	85
278. — La capillarité et l'imprégnation des sols stabilisés; <i>mix-in-place</i> ; <i>retread process</i>	103
B. — Technologie des essais relatifs aux liants hydrocarbonés, suivant les méthodes en vigueur au laboratoire central des Ponts et Chaussées.	
279. — Détermination de l'eau de décantation et de l'eau d'hydratation des goudrons	130
280. — Mesure de la densité des liants hydrocarbonés au moyen du densimètre et du picnomètre	132
281. — Distillation fractionnée des goudrons contenant moins de 2 % d'eau...	134
282. — Détermination du point de ramollissement Kraemer et Sarnow du brai résiduel	136
283. — Dosage des produits absorbables par la soude dans les goudrons.....	138
284. — Détermination de la naphthaline	139
285. — Détermination de l'anthracène	141
286. — Détermination des constituants du goudron insolubles dans les solvants autres que l'éther de pétrole	141
287. — Mesure de la viscosité des goudrons	144
288. — Mesure de la T.R.S.	148
289. — Point de ramollissement Bille et Anneau ..	156

290.	—	Point de goutte Ubbelohde
291.	—	Pénétration
292.	—	Ductilité
293.	—	Solubilité dans CS ₂
294.	—	Poids spécifique
295.	—	Point de flamme : Marcusson, Cleveland, Luchaire
296.	—	Solubilité dans l'éther de pétrole
297.	—	Teneur en paraffine
298.	—	Perte à la chaleur
299.	—	Teneur en soufre
300.	—	Carbone fixe
301.	—	Dosage du bitume dans les goudrons-bitumes
302.	—	Indice d'acidité
303.	—	Détermination du point de fragilité Fraass ; essai de fragilité au choc des mortiers et bétons bitumineux
304.	—	Viscosimètre pour liants solides type E.P.C.
305.	—	Détermination de la cohésivité au moyen de l'appareil Leauté et de l'appareil Duriez (type E.P.C.)
306.	—	Recherche du goudron de houille dans le bitume
307.	—	Bitumes fluides : densité
308.	—	Bitumes fluides : viscosité à 25° C (10 mm) et à 70° C (4 mm)
309.	—	Point d'inflammabilité des bitumes fluides
310.	—	Distillation fractionnée des bitumes fluides
311.	—	Essai sur le résidu de distillation des bitumes fluides : solubilité dans CS ₂ , dans CCl ₄ , point de ramollissement Bille et Anneau, pénétration, ductilité, teneur en paraffine
312.	—	Essai de détermination de la perte de poids et essai d'agglutination....
313.	—	Tenue du film de liant en présence d'eau
314.	—	Essai Riedel et Weber
315.	—	Teneur en eau des émulsions
316.	—	Essai de finesse de dispersion
317.	—	Stabilité au stockage à court terme.....
318.	—	Stabilité au stockage à long terme
319.	—	Essai de coagulation à basse température
320.	—	Viscosité des émulsions en degrés Engler à 20° C
321.	—	Dosage du bitume des émulsions : méthode Marcusson
322.	—	Mesure du pH
323.	—	Essai de compression des bétons bitumineux
324.	—	Essai Hubbard Field
325.	—	Essai d'imbibition des bétons bitumineux
326.	—	Extraction du liant des bétons bitumineux
327.	—	Granulométrie des bétons bitumineux
328.	—	Mesure de la compacité des bétons bitumineux
329.	—	Essais sur le liant extrait
330.	—	Séparation du bitume dans les émulsions en vue de son examen

CHAPITRE IX

MATÉRIAUX D'ÉTANCHÉITÉ

A. — Bases et produits d'étanchéité.

331.	—	Généralités et terminologie
332.	—	Bases et produits d'étanchéité
333.	—	Utilisation des produits d'étanchéité.....
334.	—	Principaux cas où se posent des problèmes d'étanchéité
335.	—	Caractéristiques de composition des divers hydrocarbures lourds utilisés en étanchéité

B. — Essais, normes et spécifications relatifs aux produits d'étanchéité.	
336. — Essai d'imperméabilité	238
337. — Essais de traction, de pliage et de perforation	239
338. — Essai au fissuromètre. Essai de glissement	241
339. — Essai de vieillissement accéléré	242
340. — Les normes Afnor concernant l'asphalte et les produits dérivés	243
341. — Les normes Afnor concernant les chapes et feutres d'étanchéité	245
342. — Spécifications concernant le cahier des charges de l'étanchéité pour la S.N.C.F.	251
343. — Rapports entre l'étanchéité des ouvrages et l'adhésivité des liants hydrocarbonés	259

CHAPITRE X

LE CAOUTCHOUC

A. — Les caoutchoucs naturels et synthétiques ; propriétés générales.

344. — Les corps à grande déformation élastique : formules fondamentales...	263
345. — Historique sommaire et aperçus sur le caoutchouc	268
346. — Origine du caoutchouc naturel : le latex et le caoutchouc brut	269
347. — Vulcanisation du caoutchouc	273
348. — Les renforçateurs, les antioxygènes et les charges.....	276
349. — L'élasticité du caoutchouc	278
350. — Hystérésis, rémanence, fluage et relaxation du caoutchouc	280
351. — Problèmes posés par l'élasticité des substances caoutchoutiques	283
352. — Rappels nécessaires sur l'entropie des corps et des systèmes, sur le potentiel thermodynamique et sur la thermodynamique statistique.....	288
353. — Théorie thermocinétique de l'élasticité des substances caoutchoutiques..	297
354. — Les caoutchoucs synthétiques	301
355. — Gutta-Percha.....	306
356. — Ebonite, caoutchoucs cyclisés ou isomérés	307
357. — Caoutchouc chloré et caoutchouc chlorhydraté	308
358. — Propriétés chimiques des caoutchoucs	311
359. — Propriétés physiques des caoutchoucs.....	312

B. — Les essais normalisés concernant le caoutchouc.

360. — Généralités concernant les normes et les essais relatifs au caoutchouc...	313
361. — Préparation des échantillons vulcanisés destinés aux essais de réception des gommes.....	314
362. — Essai de traction des échantillons, vulcanisés spécialement en vue de la réception du caoutchouc brut.....	316
363. — Mode de prélèvement et de préparation des échantillons, des éprouvettes et des prises d'essai du caoutchouc déjà vulcanisé	317
364. — Essai de traction sur prélèvements de caoutchouc vulcanisé	317
365. — Essai de dureté sur le caoutchouc vulcanisé	319
366. — Essai de déchirement du caoutchouc vulcanisé	320
367. — Essai d'adhérence du caoutchouc aux armatures de fils	321
368. — Essai de déformation rémanente par traction à allongement constant ...	323
369. — Essai de déformation rémanente par traction à charge constante	324
370. — Essai de déformation rémanente par compression	325
371. — Essai d'abrasion	326
372. — Essai d'immersion dans les liquides organiques ; variation des caractéristiques mécaniques	327
373. — Détermination des caractéristiques mécaniques des courroies transporteuses en caoutchouc	328

	Pages.
374. — Essais physiques et analyses concernant le latex	329
375. — Mesure du pH et du coagulum du latex	332
376. — Essais physiques et chimiques sur le caoutchouc vulcanisé.....	335
377. — Normes récemment parues concernant le caoutchouc brut T 43-101 et suivantes	337

CHAPITRE XI

PEINTURES ET VERNIS

A. — Classification et constitution des peintures et vernis.

378. — Historique et évolution des peintures et vernis	339
379. — Généralités sur les peintures et vernis.....	340
380. — Classification des peintures et vernis	342
381. — Les gommés et résines naturelles (fossiles et végétales)	344
382. — Les résines artificielles ou synthétiques	347
383. — Les huiles utilisées dans les peintures et vernis	356
384. — Les pigments	359
385. — Les diluants et les solvants volatils	361
386. — Les siccatifs	363
387. — Techniques de composition et de préparation des peintures et vernis	364

B. — Propriétés des peintures et vernis.

388. — Viscosité, dilution, séchage	370
389. — Pouvoir couvrant	371
390. — Pouvoir mouillant et adhérence	371
391. — Dureté, souplesse, résistance au choc et à la déformation, des peintures et vernis	372
392. — Résistance à la température, à la combustion, aux rayons lumineux, aux agents extérieurs et atmosphériques, aux agents chimiques	373
393. — Imbibition, sédimentation, épaissement, thixotropie	374

C. — Peintures de protection anticorrosives et peintures spéciales.

394. — Les peintures et vernis antirouille. Généralités	375
395. — Composition et mise en œuvre rationnelles des peintures antirouille aux pigments basiques et à l'huile siccatrice pour ouvrages métalliques	378
396. — Composition et mise en œuvre rationnelles des peintures antirouille à base de bitume ou de brai, pour ouvrages métalliques et autres usages	385
397. — Peintures sous-marines pour coques de navires (peintures antifouling)....	390
398. — Peintures sous-marines pour ouvrages en béton de ciment; peintures aériennes sur béton de ciment et peintures sur parois humides	397
399. — Peintures et vernis pour signalisation routière et peintures lumineuses ...	398
400. — Peintures pour bornes, bordures et bandes axiales de chaussées	401
401. — Vernis et peintures aux silicones. Peintures ignifuges	402
402. — Peintures dangereuses et peintures hygiéniques pour intérieurs habités ..	403
403. — Peintures sur bois	404
404. — Peintures et vernis émulsionnés	407
405. — Peintures et enduits pour câbles de ponts suspendus	408

D. — Normes et spécifications. Essais d'identification et de qualité des peintures et vernis utilisés dans les Ponts et Chaussées.

406. — Normalisation Afnor concernant les peintures et vernis	410
407. — Normes T 30-001, et ses 2 annexes, concernant la terminologie	411
408. — Norme T 30-002 : classification des pigments	411
409. — Norme T 30-003 : classification des peintures, vernis et enduits	412

	Pages.
410. — Normes T 30-011, T 30-012 et T 30-013. (Dosages de l'extrait sec, des cendres fixes et de l'extrait sec conventionnel.)	413
411. — Norme T 30-014 : détermination de la consistance	413
412. — Norme T 30-015 : essai de résistance à l'abrasion	414
413. — Norme T 30-016 : essai de dureté pendulaire	414
414. — Norme T 30-017 : essai de perméabilité à l'eau par la bille de hêtre	416
415. — Norme T 30-018 : essai de perméabilité à la vapeur d'eau	416
416. — Norme T 30-019 : détermination de l'aptitude à l'emboutissage	417
417. — Norme T 30-020 : détermination de la masse spécifique	417
418. — Normes T 31-004, T 31-005, T 31-006 et T 31-007 concernant le minium et la mine orange, la céruse, le blanc de zinc et le lithopone	418
419. — Normes T 31-008 et T 31-009 ; Norme T 30-021	419
420. — Densité à 20° C (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	420
421. — Viscosité (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)..	421
422. — Point d'inflammabilité (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	421
423. — Pouvoir couvrant (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	425
424. — Temps de séchage (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	425
425. — Temps de durcissement (essai effectué aux Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	426
426. — Surcharge (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)..	426
427. — Essai d'adhérence (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	426
428. — Essai de souplesse (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	427
429. — Dureté (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)..	428
430. — Usure artificielle (essai effectué au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	428

CHAPITRE XII

LES MATIÈRES PLASTIQUES ET LES COLLES

A. — Classification, origine et préparation des matières plastiques.

431. — Définitions et généralités sur les matières plastiques	431
432. — L'état plastique et ses relations avec l'état moléculaire ou colloïdal : les corps à macromolécules	433
443. — Classification et composition des diverses matières plastiques	439
434. — Matières plastiques obtenues par tannage de protéines ; galalithe ; corne artificielle	441
435. — Matières plastiques dérivées de la cellulose	444
436. — Matières plastiques dérivées du phénol (phénoplastes).....	448
437. — Matières plastiques obtenues par polycondensation d'amines par le formol (aminoplastes)	451
438. — Résines phtaliques	454
439. — Résines de polymérisation dérivées du vinyle	454

B. — Examen de quelques matières plastiques particulières et récemment mises au point.

440. — Les polyéthylènes (ou polythènes ou alkatènes)	460
441. — Les silicones.....	462
442. — Le nylon.....	468
443. — Colles et adhésifs	470

C. — Mise en œuvre, propriétés et usages des matières plastiques. Essais.	
444. — Moulages à la presse, par injection et par boudinage ; coulée ; emboutissage.	472
445. — Propriétés et caractéristiques générales des matières plastiques.....	474
446. — Usages des matières plastiques.....	475
447. — Essais des matières plastiques	476

CHAPITRE XIII

NOTIONS TRÈS SOMMAIRES SUR L'ONCTUOSITÉ ET LA LUBRIFICATION

A. — L'onctuosité.

448. — Généralités sur la théorie du graissage des pièces frottantes en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre	480
449. — L'onctuosité	481
450. — Considérations pouvant guider dans le choix des lubrifiants.....	482

B. — Les lubrifiants.

451. — Diverses natures de lubrifiants	482
452. — Essais des huiles lubrifiantes	484

CHAPITRE XIV

LES BOIS

A. — Généralités : classification, constitution, corrosion et protection des bois.

453. — Généralités sur les bois	487
454. — Classification des bois	489
455. — Nomenclature des bois.....	491
456. — Hétérogénéité et anisotropie des bois	495
457. — Composition chimique des bois ; défauts des bois	496
458. — La corrosion et la protection des bois	499

B. — Caractères physiques des bois.

459. — Généralités sur les principaux caractères physiques : teneur en eau, rétractibilité, dureté	501
460. — Teneur en eau et hygroscopicité des bois	504
461. — Rétractibilité des bois	506
462. — Densité du bois ..	509
463. — Dilatation et retrait thermiques ; conductibilités thermique et électrique ; durée des bois	511

C. — Propriétés mécaniques des bois. Normes. Prescriptions dans les travaux publics.

464. — Généralités sur les propriétés mécaniques du bois	514
465. — Compression axiale à 15 % d'humidité (norme Afnor B 51-007, ex. B 5 27) .	516
466. — Traction perpendiculaire aux fibres (norme Afnor B 51-010, ex B 5-30)..	518
467. — Etude de la flexion statique ; flexion par effort transversal (norme Afnor B 51-008, ex B 5-28)	519
468. — Résistance à la flexion dynamique ou par choc transversal (norme Afnor B 51-009, ex B 5-29)	525

	Pages.
469. — Dureté (norme Afnor B 51-013, ex B 5-33)	528
470. — Cisaillement (norme Afnor B 51-012, ex B 5-32)	530
471. — Fendage (Norme Afnor B 51-011, ex B 5-31)	532
472. — Module d'élasticité du bois	533
473. — Règles d'utilisation du bois dans la construction	535
474. — Ensemble des normes homologuées	542
475. — Prescriptions réglementaires dans les travaux publics	544
D. — Les bois améliorés et les techniques nouvelles d'utilisation.	
476. — Les bois améliorés	545
477. — Techniques modernes d'utilisation des bois	549

CHAPITRE XV

LES ACIERS

A. — Généralités. Classification. Rappels sommaires sur la fabrication.

478. — Rappel succinct concernant le fer et la fonte : composition ; propriétés physiques et mécaniques	550
479. — Les aciers ; généralités et classification	552
480. — Métallurgie ; sidérurgie en ce qui concerne le fer et la fonte (rappels très sommaires)	553
481. — Sidérurgie en ce qui concerne l'acier	558
482. — Le frittage et la métallurgie des poudres métalliques	561

**B. — Propriétés physiques des métaux et alliages.
Méthodes d'investigation et d'étude.**

483. — Densité, dilatation et analyse thermique	565
484. — Méthode de détermination des diagrammes : résistance électrique et résistivité des métaux	569
485. — Thermoélectricité, magnétisme, force électromotrice de dissolution, et méthodes thermiques, optiques et sonores	572
486. — Transparence aux rayons X. Application à la soudure	574
487. — Propriétés physiques particulières aux aciers	577
488. — Changements physiques et traitements thermiques des aciers	579
489. — Propriétés physico-chimiques des aciers : micrographie et macrographie	580

C. — Les divers modes de déformation et de rupture des aciers ; caractéristiques mécaniques, normes et spécifications.

490. — La rupture par fatigue des aciers et les essais d'endurance	582
491. — Généralités sur les normes Afnor et les textes en vigueur dans les Travaux Publics, relatifs aux produits sidérurgiques, notamment en ce qui concerne les essais	591
492. — La traction des aciers	595
493. — Résistance des aciers à la compression, à la flexion et au cisaillement	612
494. — Essais de dureté Brinell, Rockwell et Vickers	614
495. — Essai de flexion par choc sur éprouvette sans entaille reposant sur 2 appuis	619
496. — Essai de résilience	621
497. — Essai de fragilité applicable aux aciers pour béton armé	623
498. — Essai de pliage à froid	624
499. — Autres essais de pliage et essais divers applicables dans les Travaux Publics et non prévus aux normes de l'AFNOR	626
500. — Aperçu général sur les normes françaises concernant la sidérurgie et la métallurgie	627

CHAPITRE XVI

MÉTAUX ET ALLIAGES USUELS

A. — Le plomb.

501. — Généralités et préparation du plomb	629
502. — Propriétés chimiques et corrosion du plomb	631
503. — Propriétés physiques et mécaniques du plomb	631
504. — Rappels succincts concernant les alliages en général ; les alliages du plomb.	633
505. — Prescriptions dans les Travaux Publics et normes concernant le plomb.	636

B. — Le zinc.

506. — Généralités et préparation du zinc	637
507. — Propriétés physiques et mécaniques du zinc	637
508. — Propriétés chimiques et usages du zinc	638

C. — Le cuivre et ses alliages.

509. — Généralités et préparation du cuivre	639
510. — Propriétés physiques et mécaniques du cuivre	641
511. — Propriétés chimiques et usages du cuivre	642
512. — Les laitons	643
513. — Les bronzes	645

D. — L'aluminium et ses alliages.

514. — Généralités et préparation de l'aluminium	647
515. — Propriétés physiques et mécaniques de l'aluminium	649
516. — Propriétés chimiques et corrosion de l'aluminium	650
517. — Généralités sur les alliages de l'aluminium	651
518. — Propriétés chimiques et usages des alliages d'aluminium	656

E. — L'étain. Métaux nobles entrant dans la préparation de certains alliages.

519. — L'étain	657
520. — Manganèse	659
521. — Nickel, chrome, cobalt	659
522. — Molybdène ; tungstène	661

F. — La soudure des métaux.

523. — Généralités sur la soudure des métaux	662
524. — Les brasures et les soudures tendres	664
525. — La soudure autogène au chalumeau	666
526. — La soudure des aciers à l'arc électrique	668
527. — Prescription en vigueur dans les Travaux Publics en ce qui concerne la soudure	669

G. — La corrosion des métaux.

528. — Généralités sur la corrosion métallique	672
529. — Les formes diverses et les facteurs de la corrosion	677
530. — Les essais de corrosion	680
531. — La lutte contre la corrosion : méthode de protection	685