

G. A. LEONARDS

les  
fondations

# LES FONDATIONS

RÉDIGÉ SOUS LA DIRECTION DE

**G. A. LEONARDS**

Professeur de Mécanique des Sols  
Purdue University

TRADUIT ET ADAPTÉ  
PAR UN GROUPE D'INGÉNIEURS  
DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES

**DUNOD**

PARIS

1968

# TABLE DES MATIÈRES (\*)

## CHAPITRE 1

### Origine, formation et distribution des sols en France et en Europe Occidentale (M. ARNOULD)

Introduction.....	1
Principaux types de sols .....	2
Sables, graviers, galets .....	8
Définition et origine .....	8
Méthodes d'études pour l'interprétation de l'origine .....	9
Sables éoliens.....	12
Sables nivo-éoliens .....	13
Sables et galets fluviatiles .....	13
Sables glaciaires et fluvio-glaciaires .....	13
Sables marins.....	13
Sables résiduels : les arènes .....	14
Limons et Löss .....	16
Les argiles .....	22
Argiles d'altération .....	23
Argiles glaciaires .....	25
Argiles fluviatiles.....	25
Argiles lacustres .....	26
Argiles marines .....	26
Argiles lagunaires .....	27
Les marnes .....	27
Les moraines et l'érosion glaciaire .....	30
La vase .....	38
La tourbe .....	40
Références bibliographiques .....	43

## CHAPITRE 2

### Les propriétés géotechniques des sols (G. A. LEONARDS)

Introduction.....	52
Identification, description, classification des sols .....	53
Classifications géologiques .....	53
Classifications pédologiques .....	54
Photographies aériennes .....	54

(\*) Par souci d'homogénéité, la décomposition retenue pour l'établissement de la table des matières n'est pas identique à celle des divers chapitres de l'ouvrage, en raison des différences de présentation entre auteurs.

Classifications géotechniques .....	55
Nomenclature descriptive .....	56
Identification in situ .....	66
Quelques types de sols .....	68
Structure du sol .....	70
Forces de liaison .....	71
Particules solides et leur orientation .....	74
Champs de forces entre particules et ions échangeables .....	82
Système sol-eau .....	88
Perméabilité .....	94
Développements théoriques de l'écoulement .....	97
Signification physique de la constante de perméabilité de Darcy .....	103
Domaine de validité de la loi de Darcy .....	113
Généralisation de la loi de Darcy. Écoulement anisotrope .....	116
Mesure de la constante de perméabilité .....	122
Perméabilité aux gaz .....	127
Compressibilité .....	129
Aspects physiques du problème des tassements .....	131
Compressibilité unidimensionnelle .....	136
Vitesse de consolidation .....	148
Théorie de la consolidation de Terzaghi .....	152
Détermination du coefficient de consolidation .....	158
Accélération de la consolidation par drains de sable et surcharges .....	165
Résistance .....	169
Aspects physiques de la résistance au cisaillement .....	172
Considérations théoriques préliminaires .....	177
Différents types d'essais de cisaillement .....	184
Résistance au cisaillement des argiles saturées .....	188
Argiles saturées remaniées .....	191
Argiles saturées non remaniées .....	204
Résistance au cisaillement des sols pulvérulents .....	213
Références bibliographiques .....	223

## CHAPITRE 3

**Drainage (C. I. MANSUR et R. I. KAUFMAN)**

Introduction .....	237
Méthodes de drainage et d'abaissement de pression .....	241
Puisards et fossés .....	241
Blindage et pompage en fouille .....	242
Réseaux d'aiguilles filtrantes .....	243
Puits profonds de grand diamètre .....	246
Drainage par le vide .....	249
Électro-osmose .....	251
Eaux souterraines .....	252
Étude du site et des sols in situ .....	253
Conditions géologiques et géotechniques .....	253
Nappe phréatique et pression artésienne .....	254

Coefficient de perméabilité des couches perméables .....	255
Origine de l'infiltration .....	257
Facteurs divers : eau corrosive, température, etc. ....	257
Considérations théoriques et formules .....	260
Écoulement entre une source linéaire et une fente .....	261
Écoulement entre deux sources linéaires et une fente .....	268
Écoulement vers deux fentes parallèles et à égale distance de deux sources linéaires .....	270
Réseaux d'écoulement .....	272
Utilisation des formules .....	276
Écoulement vers un puits unique. Sources circulaires et linéaires .....	283
Systèmes à puits multiples .....	295
Source d'infiltration .....	303
Conception des puits et aiguilles filtrantes .....	306
Pénétration d'un puits .....	308
Pertes de charge .....	308
Conception des systèmes de drainage .....	313
Drainage des pentes et épuisement des fouilles .....	313
Diminution de la pression artésienne .....	325
Pompes et canalisations .....	330
Protection contre les eaux superficielles .....	333
Réalisation des réseaux de drainage .....	335
Réseaux d'aiguilles filtrantes .....	335
Réseaux de puits profonds .....	341
Notations .....	343
Références bibliographiques .....	345

## CHAPITRE 4

**Stabilisation des sols (T. W. LAMBE)**

Introduction .....	347
Stabilisation mécanique .....	350
Effets du compactage .....	350
Corrections granulométriques .....	359
Références bibliographiques .....	366
Stabilisation par drainage .....	366
Références bibliographiques .....	370
Stabilisation thermique .....	370
Références bibliographiques .....	374
Traitement au ciment portland .....	374
Facteurs ayant une influence sur les sols-ciments .....	375
Étude du traitement au ciment et essais .....	382
Mise en œuvre et comportement des sols traités au ciment .....	384
Références bibliographiques .....	386
Traitement aux liants hydrocarbonés .....	386
Facteurs ayant une influence sur les sols-bitumes .....	387
Étude du traitement au bitume .....	393
Mise en œuvre et comportement des sols traités au bitume .....	395

Références bibliographiques .....	396
Traitements chimiques .....	397
Chaux .....	397
Chlorures de calcium et de sodium .....	402
Lignine et chromolignine .....	405
Hydrophobants .....	405
Polymères .....	407
Floculants et dispersants .....	409
Stabilisants chimiques divers .....	415
Références bibliographiques .....	417
Injections .....	419
Choix du coulis d'injection .....	420
Références bibliographiques .....	427
Incorporations de stabilisants à un sol .....	428
Importance du malaxage .....	428
Malaxeurs de chantiers .....	435
Références bibliographiques .....	440

## CHAPITRE 5

**Ouvrages de soutènement (G. P. TSCHBOTARIOFF)**

Introduction .....	441
Historique de la théorie de la pression des terres .....	442
Méthodes pour le calcul de la pression des terres .....	452
Poussée des sols non cohérents .....	452
Poussée des sols cohérents .....	461
Butée des sols non cohérents .....	464
Butée des sols cohérents .....	471
Problèmes particuliers .....	473
Matériaux de construction et reconnaissance du sol .....	477
Caractéristiques générales des palplanches .....	477
Étude et procédés d'amélioration du sol en place .....	487
Choix du type d'ouvrage de soutènement .....	489
Ouvrages de soutènement-poids .....	491
Murs de soutènement sur semelles filantes .....	491
Murs de soutènement sur pieux .....	495
Murs de quai massifs .....	501
Rideaux ancrés .....	503
Calcul par la méthode du mur buté en pied .....	503
Calcul par la méthode du mur encastré .....	506
Calcul par la méthode simplifiée du mur encastré. Poutre équivalente .....	508
Calcul par la méthode de réduction des moments de Rowe .....	509
Types d'ancrages .....	511
Choix de la méthode de calcul .....	512
Plates-formes de décharge .....	513
Notations .....	525
Références bibliographiques .....	526

## CHAPITRE 6

**Fondations superficielles (G. F. SOWERS)**

Introduction.....	529
Principes généraux.....	532
Position et profondeur des fondations.....	534
Étude de la capacité portante.....	542
Charge et rupture.....	542
Capacité portante.....	544
Fondations continues.....	549
Influence des caractéristiques du sol et des dimensions de la fondation..	550
Fondations rectangulaires et circulaires.....	551
Charges excentrées et inclinées.....	552
Sols stratifiés.....	554
Ruptures partielles.....	555
Étude du tassement.....	556
Calcul des contraintes dues aux charges des fondations.....	564
Tassement immédiat ou déflexion.....	571
Pression de contact.....	574
Calcul du tassement dû à la consolidation.....	576
Vitesse de tassement.....	581
Compression secondaire.....	585
Autres causes de tassement ou de mouvement des fondations.....	586
Conséquences du tassement.....	589
Étude des fondations.....	593
Essais de chargement à la plaque.....	596
Méthode rationnelle d'étude.....	600
Coefficient de sécurité.....	602
Le tassement et ses limites.....	603
Dimensionnement des fondations.....	605
Capacité portante et résistance à la pénétration.....	607
Modifications possibles d'un projet.....	609
Choix de la fondation.....	615
Semelles de répartition et semelles multiples.....	616
Fondations continues. Semelles filantes et radiers.....	619
Soulèvements dus aux sous-pressions.....	622
Fortes variations de volume.....	626
Sols gelés en permanence. Installations frigorifiques.....	628
Fondations sur le rocher.....	634
Références bibliographiques.....	638

## CHAPITRE 7

**Fondations sur pieux (R. D. CHELLIS)**

Introduction.....	642
Mode d'action des pieux.....	643
Charge portante des pieux.....	646
Portance du sol.....	651
Pieux frottants.....	652

Force portante des pieux .....	662
Formules dynamiques .....	663
Formules statiques .....	672
Essais statiques de pieux .....	675
Groupes de pieux et coefficient de sécurité .....	682
Force portante d'un groupe de pieux .....	683
Répartition d'une charge entre pieux verticaux et inclinés .....	689
Efforts excentrés .....	690
Coefficient de sécurité .....	693
Conception et calcul des pieux .....	694
Longueur libre des pieux .....	695
Flambement .....	697
Excentration .....	698
Forces latérales .....	699
Résistance latérale des pieux verticaux .....	712
Contraintes dues au bardage .....	716
Choix des pieux et de leur mise en œuvre .....	718
Coût relatif des pieux et des dispositifs de mise en œuvre .....	728
Ruptures et défauts constatés .....	731
Exemple de projet de fondation sur pieux .....	733
Types de pieux .....	739
Pieux en bois .....	739
Pieux en béton et pieux-tubes .....	750
Pieux-caissons .....	762
Pieux métalliques .....	763
Durabilité des pieux. Inspection et réparation .....	770
Matériel et technique de battage .....	772
Moutons .....	772
Sonnettes .....	773
Réalisation pratique du battage .....	775
Rôle du surveillant de chantier .....	777
Références bibliographiques .....	782

## CHAPITRE 8

**Fondations soumises à des forces dynamiques (F. J. CONVERSE)**

Théories de base des masses en vibration .....	790
Machines vibrantes .....	803
Vibrations libres et vibrations forcées .....	804
Influence de la masse du sol sur les équations du mouvement .....	806
Constante du ressort .....	809
Masse apparente .....	812
Fondations de machines .....	817
Exemples .....	821
Causes et effets des vibrations transmises dans le sol .....	830
Ondes sismiques .....	830
Tremblements de terre .....	832
Vibrations dans le sol dues aux explosifs .....	840



Exploration sismique .....	842
Compactage du sol par vibration .....	844
Définition des symboles .....	847
Références bibliographiques .....	848

## CHAPITRE 9

**Les reprises en sous-œuvre (E. E. WHITE)**

Introduction .....	851
Les raisons de la reprise en sous-œuvre .....	856
Les supports provisoires .....	862
Reprise en sous-œuvre au moyen de piliers .....	875
Pieux de reprise en sous-œuvre .....	888
Considérations annexes .....	908
Références bibliographiques .....	918

## CHAPITRE 10

**Caissons, puits, batardeaux et soutènements (R. E. WHITE)**

Caissons et puits .....	920
Caissons havés à l'air libre ou comprimé .....	923
Méthode Chicago, puits forés à la main ou mécaniquement .....	934
Divers types de caissons .....	940
Batardeaux et soutènements provisoires .....	943
Batardeaux .....	945
Soutènements provisoires .....	960
Soutènements provisoires. Méthodes diverses .....	977
Congélation .....	982
Références bibliographiques .....	985

## CHAPITRE 11

**Conduites et canalisations (M. G. SPANGLER)**

Introduction .....	990
Charges sur les conduites souterraines .....	991
Charges superficielles .....	1002
Résistance des conduites rigides .....	1007
Types d'assises — conduites en tranchée .....	1008
Types d'assises — conduites en saillie .....	1011
Résistance des conduites flexibles .....	1016
Canalisations en acier .....	1018
Tassements et profil en long .....	1019
Exemples de calculs .....	1021
Références bibliographiques .....	1025

## CHAPITRE 12

**Compactage (C. R. FOSTER)**

Introduction.....	1027
But et importance du compactage .....	1027
Historique .....	1029
Essais de compactage en laboratoire .....	1032
Sols cohérents .....	1032
Sols sans cohésion .....	1037
Matériel de compactage de chantier .....	1038
Choix du procédé de compactage sur chantier .....	1043
Contrôle du compactage sur chantier .....	1045
Teneurs en eau .....	1045
Densités .....	1047
Problèmes de mise en œuvre .....	1047
Recherches .....	1049
Références bibliographiques .....	1050

## CHAPITRE 13

**Mesures et essais de chantier (W. L. SHANNON, S. D. WILSON, R. H. MEESE)**

Introduction.....	1051
Résistance au cisaillement in situ .....	1052
Essais de plaques .....	1059
Mesure des pressions interstitielles .....	1061
Mouvements de terrain horizontaux .....	1068
Mesures des tassements .....	1074
Pressions des terres .....	1077
Mesures géophysiques .....	1083
Glissements et stabilité des pentes .....	1084
Comportement des rideaux .....	1086
Murs de soutènement .....	1090
Batardeaux cellulaires .....	1091
Accélération de la consolidation et préchargement .....	1092
Barrages en terre .....	1095
Tunnels .....	1099
Collationnement des mesures in situ .....	1100
Références bibliographiques .....	1102