

Yves Berthaud
Patrick de Buhan
Nicolas Schmitt

Aide-mémoire de **MÉCANIQUE DES SOLS**

2^e édition

- ▶ **Caractérisation des sols et des roches**
- ▶ **Théorie du calcul à la rupture**
- ▶ **Outils de dimensionnement des ouvrages**

DUNOD

Table des matières

Avant-propos

1

A

Conception des ouvrages et reconnaissance des terrains

1 • Méthodologie pour le dimensionnement d'un ouvrage	9
1.1 Approche de la sécurité des constructions	9
1.2 Classement d'un ouvrage géotechnique	12
1.3 Données géotechniques	14
1.4 Documents contractuels	16
1.5 Méthodologie d'une étude de sols	17
2 • Techniques de reconnaissance des terrains	19
2.1 Essais géophysiques	19
2.2 Essais mécaniques in situ	24
2.3 Essais hydrauliques in situ	47
2.4 Essais de mesures in situ et de surveillance	54

B

Caractéristiques des sols et des roches

3 • Minéraux de base des sols	59
3.1 Définition	59
3.2 Caractéristiques des minéraux	60

4 • Les argiles	65
4.1 Structure cristalline des feuillets	65
4.2 Types d'argiles	67
4.3 L'eau adsorbée	71
5 • Description et classification des sols	73
5.1 Paramètres globaux du sol	74
5.2 Caractéristiques des grains du sol sec	78
5.3 Comportement des sols fins en présence d'eau	82
5.4 Classification LCPC des sols	87
5.5 Exemples	90

C

Éléments de mécanique des sols, vus comme des milieux continus

6 • Déformation d'un sol en tant que milieu continu	97
6.1 Généralités	97
6.2 Le cas de la transformation infinitésimale	98
6.3 Interprétation des composantes de la déformation	99
6.4 Variations de volume, porosité et indice des vides	100
6.5 Description par les vitesses	103
6.6 Exemples	104
7 • Contraintes dans un sol	107
7.1 Tenseur des contraintes de Cauchy	107
7.2 Représentation de Mohr des contraintes	110
7.3 Quelques états de contrainte remarquables	111
7.4 Équilibre : champs de contrainte statiquement admissibles	114
7.5 Principe des Puissances Virtuelles (PPV)	117
8 • Comportement élastique des sols	121
8.1 Comportement élastique isotrope en transformation infinitésimale	121

8.2	Problème d'élasticité HPP	121
8.3	Exemples	124

9 • Comportement élasto-plastique **129**

9.1	Critère de plasticité et fonction de charge	129
9.2	Règle d'écoulement plastique et formulation en vitesse de la loi de comportement	132
9.3	Résolution des problèmes de plasticité	135

D

Comportement hydro-mécanique des sols

10 • Comportement hydraulique du sol **141**

10.1	Équations de conservation de la masse	142
10.2	Écriture lagrangienne de la conservation de la masse fluide	145
10.3	Perméabilité, loi de Darcy	147
10.4	Applications	153
10.5	Écoulement dans un massif	155
10.6	Écoulement dans un sol	156
10.7	Force liée à l'écoulement	159
10.8	Drainage, filtres	161

11 • Comportement mécanique des sols fins saturés **163**

11.1	Préambule	163
11.2	Présentation de la poro-élasticité	164
11.3	Poro-élasticité	167
11.4	Compressibilité des sols fins saturés	171
11.5	Consolidation bidimensionnelle	183

E

Caractérisation expérimentale en laboratoire du comportement hydro-mécanique des sols

12 • Représentativité des essais mécaniques en laboratoire	187
13 • Caractérisation sous chargement uniaxial sans contrôle de la pression interstitielle	193
13.1 Essai de compression simple	193
13.2 Caractérisation du comportement en traction	197
13.3 Essai œdométrique	199
14 • Caractérisation sous chargement multiaxial sans contrôle de la pression interstitielle	205
14.1 Essai de cisaillement direct	205
14.2 Caractérisation du comportement triaxial	209
15 • Caractérisation sous chargement multiaxial des sols humides ou saturés	217
15.1 Introduction	217
15.2 Des conditions in situ aux essais en laboratoire dans les sols humides	218
15.3 Cisaillement des sols fins non consolidés – non drainés (UU)	219
15.4 Cisaillement des sols fins consolidés – drainés (CD)	222
15.5 Cisaillement des sols fins consolidés – non drainés (CU)	224

F

Un exemple de modèle de comportement : Cam Clay

16 • Modèle de Cam Clay	229
16.1 Définition, hypothèses	229
16.2 Lois d'évolution	236
16.3 Réponse du modèle de Cam Clay	237

G

Théorie du calcul à la rupture appliquée à la mécanique des sols

17 • Principe du raisonnement du calcul à la rupture : un exemple illustratif	249
18 • De l'analyse limite au calcul à la rupture	253
19 • Théorie du calcul à la rupture : approche statique par l'intérieur	257
19.1 Analyse de stabilité d'un talus vertical en sol purement cohérent	257
19.2 Position du problème de calcul à la rupture ; notion de facteur de stabilité de l'ouvrage	260
19.3 Approche statique par l'intérieur	261
20 • Approche cinématique par l'extérieur du calcul à la rupture	265
20.1 Approche cinématique : notion de puissance résistante maximale	266
20.2 Première mise en œuvre : mécanisme de « bloc en translation »	267

20.3 Amélioration de l'approche cinématique : les mécanismes de « bloc en rotation »	270
---	-----

21 • Le cas des sols frottants **273**

21.1 Facteur de stabilité et approche statique par l'intérieur	274
21.2 Obtention d'un majorant par l'approche cinématique par l'extérieur	276
21.3 Approche cinématique à l'aide de mécanismes par « blocs en rotation »	280

H

Stabilité des pentes et talus

22 • Les approches classiques **285**

22.1 Cas du sol purement cohérent	286
22.2 Cas d sol frottant : la « méthode des tranches »	288

23 • Analyse par le calcul à la rupture de la stabilité des pentes : l'approche statique par l'extérieur **291**

24 • Mise en œuvre pratique **297**

24.1 Cas d'un sol multi-couches	297
24.2 Prise en compte de surcharges et d'un écoulement hydraulique	298
24.3 Introduction de renforcements	299

25 • En conclusion **303**

I

Capacité portante des fondations superficielles

26 • Introduction	307
27 • Un exemple : l'analyse de la capacité portante d'un massif en sol purement cohérent	309
27.1 Approches statiques par l'intérieur	310
27.2 Approches cinématiques par l'extérieur	312
27.3 Prise en compte de la pesanteur	317
27.4 Généralisation	319

J

Calculs de poussée et de butée

28 • Introduction	323
29 • Coefficients de poussée et de butée d'un sol sur une paroi : l'exemple d'un massif de sol pulvérulent	325
29.1 Paramètres de chargement du système	326
29.2 Approche statique par l'intérieur	327
29.3 Approche cinématique par l'extérieur	329
29.4 Commentaires	331
Bibliographie	333
Index	337