

La mécanique des roches pour les ouvrages du génie civil

Ingénierie des roches

Muriel Gasc-Barbier

Didier Hantz

DUNOD

Couverture : © Maresol – Fotolia.fr

© Dunod, 2019
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
ISBN 978-2-10-079942-8
www.dunod.com

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

● Table des matières

Avant-propos

VII

Partie 1

Bases de la mécanique des roches 1

Chapitre ① Rappels de mécanique des milieux continus 3

1. Notion de contrainte 3

2. Plan et cercles de Mohr 5

3. Déformations 5

4. Lois de comportement et critères de rupture 6

Entraînez-vous 7

Solutions 8

Chapitre ② Propriétés physiques et mécaniques des roches 11

1. Composition des roches 11

2. Propriétés physiques des roches 13

3. Le comportement mécanique des roches 17

Testez-vous 19

Entraînez-vous 20

Solutions 21

Chapitre ③ Comportement mécanique de la matrice rocheuse 23

1. Essai de compression simple 24

2. Essai de traction indirecte (essai brésilien) 26

3. Essai de compression triaxiale 27

4. Comportement différé 30

5. Autres essais utiles en génie civil 31

6. Critères de rupture 32

Testez-vous	34
Entraînez-vous	35
Solutions	36
Chapitre 4 Structure des massifs rocheux	37
1. Contexte géologique et hydrogéologique	37
2. Observation et échantillonnage	38
3. Description des discontinuités	39
4. Structure du massif rocheux	47
Testez-vous	51
Entraînez-vous	52
Solutions	53
Chapitre 5 Comportement mécanique des discontinuités rocheuses	55
1. Étude expérimentale du comportement des joints rocheux	55
2. Critères de rupture	59
3. Comportement réel des discontinuités	62
Testez-vous	65
Entraînez-vous	66
Solutions	67
Chapitre 6 Comportement du massif rocheux	69
1. Comportement global du massif	69
2. Les méthodes de classification du massif rocheux	72
3. Résistance et déformabilité du massif rocheux	74
Testez-vous	79
Entraînez-vous	80
Solutions	81

Partie 2

Ingénierie des roches 83**Chapitre 7 Stabilité des massifs fracturés** 85

- 1. Introduction à la théorie des blocs 86
- 2. Identification des blocs amovibles 88
- 3. Détermination du mode d'instabilité potentielle d'un bloc amovible 91
- 4. Stabilité d'un bloc au glissement 96
- 5. Stabilité d'un bloc au basculement 102
- 6. Stabilité d'un ensemble de blocs 102
- 7. Méthodes d'éléments discrets 105
- 8. Modèles de milieu continu 110
- 9. Application des méthodes 111
- Testez-vous 114
- Entraînez-vous 115
- Solutions 117

Chapitre 8 Parades actives et passives contre le risque rocheux 119

- 1. L'évitement 119
- 2. La surveillance 120
- 3. Les purges 120
- 4. Les parades actives 121
- 5. Les parades passives 126
- 6. Conclusion : éléments pour le choix d'une ou des parades 129
- Testez-vous 131
- Entraînez-vous 132
- Solutions 133

Chapitre 9	Cavités et ouvrages souterrains	135
1.	Cavités dans un milieu continu	135
2.	Cavités dans un milieu discontinu	155
3.	Cavités à faible profondeur	161
4.	Dimensionnement des tunnels à l'aide des méthodes « empiriques »	162
	Testez-vous	166
	Entraînez-vous	167
	Solutions	168
Chapitre 10	Fondations au rocher	171
1.	Reconnaissance générale du massif	171
2.	Principes de conception	173
3.	Dimensionnement	175
4.	Suivi géologique et instrumentation	178
	Testez-vous	179
	Entraînez-vous	180
	Solutions	181
Chapitre 11	Auscultation et surveillance des massifs rocheux	183
1.	Outils pour la caractérisation géométrique	184
2.	Outils pour la caractérisation mécanique <i>in situ</i>	186
3.	Méthodes propres au suivi	189
4.	Méthodes géophysiques	190
	Testez-vous	192
	Entraînez-vous	193
	Solutions	194
	Index	195

Avant-propos

En 2000, le Comité Français de Mécanique des Roches a édité, aux presses des mines, le 1^{er} tome d'une série de cinq « manuels de mécanique des roches ». Le tome 1 « fondements » reprend les grands principes de la mécanique des roches. Les tomes suivants, tome 2 (2003) « applications » ; tome 3 (2013) « retour d'expérience/génie minier et pétrolier » ; tome 4 (2013) « retour d'expérience/génie civil » ; tome 5 (2017) « thermo-mécanique des roches », ont été consacrés, comme leurs titres l'indiquent, à différentes applications et retours d'expérience précis. Nous ne saurions que recommander la lecture de ces ouvrages collectifs qui, par la richesse de leur contenu et la notoriété de leurs auteurs, en font des marqueurs de cette discipline, tournée vers les différents domaines d'étude qu'elle recouvre.

Auparavant, en 1976, Marc Panet, aidé de Dominique Fourmaintraux et d'autres co-auteurs, a organisé un séminaire de formation continue de l'École nationale des ponts et chaussées et de l'Association amicale des ingénieurs anciens élèves, dédié à la mécanique des roches appliquée aux ouvrages du génie civil. De cette session de formation a été tiré un ouvrage aujourd'hui largement épuisé, mais qui est resté, pendant très longtemps, un ouvrage de référence.

C'est dans cette veine qu'a été rédigé le présent ouvrage. Il est forcément moins complet que les 5 tomes des « manuels » mais se veut plus appliqué et résolument tourné vers l'enseignement en génie civil. Les spécificités de la mécanique des roches sont encore trop mal connues des non-spécialistes et peuvent, si elles sont mal prises en compte dès le démarrage du projet, conduire soit à d'importants surcoûts au moment de la mise en œuvre (situation assez classique dans le cas de fondations au rocher), soit, au contraire, amener à substituer du (très) bon rocher par du béton souvent de moindre résistance. De plus, il n'existe pas en France et à ce jour de texte réglementaire ou normatif traitant de la mécanique des roches. L'Eurocode 7 (calcul géotechnique) et l'Eurocode 8 (calcul des structures pour leur résistance au séisme), sont bien évidemment censés s'appliquer aux ouvrages au rocher, mais, à ce jour, ils sont essentiellement tournés vers la mécanique des sols. La refonte en cours de l'Eurocode 7, qui devrait sortir en 2020, prévoit explicitement d'intégrer les aspects rocheux : ainsi, un groupe de travail, sur les treize travaillant sur la refonte de l'Eurocode 7, est spécifiquement dédié à la mécanique des roches.

Ainsi, à l'aune de ces modifications réglementaires, il nous est apparu opportun de proposer un nouvel ouvrage que l'on a souhaité didactique, et tourné vers l'apprentissage des spécificités de l'utilisation de la mécanique des roches pour les ouvrages du génie civil. Cet ouvrage a donc été conçu en deux parties : dans un premier temps, une

première partie axée sur les bases théoriques qui permettent d'appliquer les grands principes de la mécanique à des massifs rocheux, naturels, dont la description et le comportement actuel dépendent de leur histoire, et qui ne sont pas des massifs continus, homogènes et isotropes... La deuxième partie de l'ouvrage est consacrée à proprement parler à l'ingénierie des roches : stabilité et renforcement des pentes instables, tunnels, fondations au rocher, auscultation et surveillance des massifs.

Partie 1

Bases de la mécanique des roches

Introduction

Dans cette partie consacrée aux bases théoriques de la mécanique des roches à destination des ouvrages du génie civil, on décrira les grands principes permettant de comprendre les spécificités du massif rocheux, par rapport au matériau « sol » classiquement étudié en géotechnique.

On reprendra successivement quelques notions de mécanique des milieux continus nécessaires à la compréhension de l'ouvrage, on décrira les propriétés physiques des roches qui influent sur leur comportement mécanique. On détaillera ensuite les essais de laboratoire propres à décrire le comportement de la matrice rocheuse. Deux chapitres seront ensuite consacrés aux discontinuités qui découpent le massif rocheux, et qui sont les éléments clés de leur comportement : un chapitre sur la description physique des discontinuités et un sur leur comportement mécanique propre. Enfin, cette partie sera conclue par un chapitre portant sur le comportement du massif rocheux, qui intègre donc à la fois la matrice et les discontinuités.

