

Attention, ce document est non achevé,  
il comporte des lacunes  
et (certainement) des erreurs.

# Introduction à la Mécanique des Roches

Université Joseph Fourier, U.F.R. de Mécanique  
Institut National Polytechnique de Grenoble

Master 2<sup>nd</sup>e année Recherche :  
Mécanique, Energétique et Ingénieries

Option : Conception, Géomécanique, Matériaux

année 2004 - 2005

Pierre Bésuelle

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Bref historique . . . . .	3
1.2	Ce qui caractérise les roches . . . . .	5
1.3	Classification des roches . . . . .	6
1.3.1	Minéraux principaux . . . . .	6
1.3.2	Les trois classes de roches . . . . .	6
1.4	Description en mécanique des roches . . . . .	8
1.4.1	La porosité . . . . .	9
1.4.2	L'altération . . . . .	11
1.4.3	La fissuration . . . . .	12
1.4.4	L'anisotropie de structure . . . . .	15
1.4.5	Les discontinuités . . . . .	17
1.5	Quelques références . . . . .	19
<b>2</b>	<b>Comportement mécanique (instantané) des roches</b>	<b>20</b>
2.1	Introduction . . . . .	20
2.2	Méthodes d'essais de laboratoire et analyse de comportement . . . . .	21
2.2.1	Rappel sur la notion de chemin de contrainte suivi . . . . .	21
2.2.2	Dispositifs expérimentaux de chargement . . . . .	23
2.2.3	Dispositifs de mesure . . . . .	26
2.3	Réponses types des roches . . . . .	28
2.3.1	Sollicitation isotrope . . . . .	28
2.3.2	Sollicitation déviatorique . . . . .	29
2.4	Micromécanismes de déformation . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Lois de comportement instantané</b>	<b>39</b>
3.1	Notions sur les lois incrémentales . . . . .	39
3.2	Lois élastiques anisotropes . . . . .	40
3.2.1	Considération à l'échelle de l'atome . . . . .	41
3.2.2	Potentiel élastique . . . . .	41
3.2.3	Symétries matérielles . . . . .	43
3.2.4	Exemple d'identification de paramètres . . . . .	46
3.3	Lois élasto-plastiques . . . . .	47
3.3.1	Equations des modèles à un mécanisme . . . . .	48

3.3.2	Exemples de surface d'écoulement . . . . .	50
3.3.3	Lois à deux mécanismes plastiques . . . . .	53
3.4	Lois d'endommagement . . . . .	55
3.4.1	Approches phénoménologiques . . . . .	55
3.4.2	Considérations microscopiques . . . . .	58
3.5	Lois hypoplastiques . . . . .	58
<b>4</b>	<b>Rupture dans les roches</b>	<b>59</b>
4.1	Introduction . . . . .	59
4.2	Critères de résistance . . . . .	62
4.3	Mécanique de la rupture fragile . . . . .	67
4.4	Localisation de la déformation, analyse en bifurcation . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Couplage hydro-mécanique</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>Propagation des ondes</b>	<b>84</b>

# Bibliography

- D. Alliot, J.-P. Boehler, and A. Sawczuk. Irreversible deformations of an anisotropic rock under hydrostatic pressure. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 14:77–83, 1977.
- B.K. Atkinson. Introduction to fracture mechanics and its geophysical application (chapter 1). In B.K. Atkinson, editor, *Fracture Mechanics of Rocks*, pages 1–26. Academic Press, New-York, 1987.
- P. Bésuelle, J. Desrues, and S. Raynaud. Experimental characterisation of the localisation phenomenon inside a Vosges sandstone in a triaxial cell. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 37(8):1223–1237, 2000.
- P. Bésuelle and J.W. Rudnicki. Localization: Shear bands and compaction bands (chapter 5). In Y. Guéguen and M. Boutéca, editors, *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*, pages 219–321. Academic Press, New-York, 2004.
- M.A. Biot. General theory of three dimensionnal consolidation. *J. Appl. Phys.*, 12: 155–164, 1941.
- M.A. Biot. Nonlinear and semilinear rheology of porous solids. *J. Geophys. Res.*, 78 (23):4924–4937, 1973.
- W.F. Brace. Volume changes during fracture and frictionnal sliding: a review. *Pure Appl. Geophys.*, 116:603–614, 1978.
- CFMR. *Manuel de Mécanique des Roches, Tome 1 : Fondements*. Presse de l'école des Mines, Paris, 2000.
- O. Coussy. *Mécanique des Milieux Poreux*. Technip, Paris, 1991.
- G. Dresen and Y. Guéguen. Damage and rock physical properties (chapter 4). In Y. Guéguen and M. Boutéca, editors, *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*, pages 169–217. Academic Press, New-York, 2004.
- Y. Guéguen and M. Boutéca. *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*. Academic Press, New-York, 2004.
- Y. Guéguen, L. Dormieux, and M. Boutéca. Fundamentals of poromechanics (chapter 1). In Y. Guéguen and M. Boutéca, editors, *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*, pages 1–54. Academic Press, New-York, 2004.

- Y. Guéguen and V.V. Palciauskas. *Introduction à la Physique des Roches*. Hermann, Paris, 1992.
- P.-Y. Hicher and J.-F. Shao. *Elastoplasticité des Sols et des Roches*. Hermès, Paris, 2002a.
- P.-Y. Hicher and J.-F. Shao. *Lois incrémentales, Viscoplasticité, Endommagement*. Hermès, Paris, 2002b.
- P.A. Hsieh, J.V. Tracy, C.E. Neuzil, J.D. Bredehoeft, and S.E. Silliman. A transient laboratory method for determining the hydraulic properties of tight rocks - I. theory. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 18:245–252, 1981.
- ISRM. Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 16:137–140, 1979.
- ISRM. Suggested methods for determining the strength of rock materials in triaxial compression: Revisited version. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 20(6):283–290, 1983.
- J.C. Jaeger and N.G.W. Cook. *Fundamentals of Rock Mechanics*. Methuen, London, 1969. 2nd edition 1976.
- J. Jung. *Précis de Pétrographie*. Masson, Paris, 1963.
- M. Kachanov. Elastic solids with many cracks and related problems. *Advances Appl. Mech., Academic Press*, 30:259–445, 1993.
- R.L. Kranz. Microcracks in rocks: a review. *Tectonophysics*, 100:449–480, 1983.
- J.F. Labuz, S.-T. Dai, and E. Papamichos. Plane-strain compression of rock-like materials. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 33(6):573–584, 1996.
- P.V. Lade. Elasto-plastic stress-strain theory for cohesionless soil with curved yield surface. *Int. J. Solids Struct.*, 13:1019–1035, 1977.
- P.V. Lade and J.M. Duncan. Elasto-plastic stress-strain theory for cohesionless soil. *ASCE: J. Geotech. Engng. Div.*, 101(GT10):1037–1053, 1975.
- L. Landau and E. Lifchitz. *Physique théorique : Théorie de l'élasticité, Tome 7*. Mir, Moscou, 1967. 2nd edition 1990.
- B.R. Lawn and T.R. Wilshaw. *Fracture of Brittle Solids*. Cambridge University Press, 1975. 2nd edition, 1993.
- F. Lehner and Y. Leroy. Sandstone compaction by intergranular pressure solution (chapter 3). In Y. Guéguen and M. Boutéca, editors, *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*, pages 115–168. Academic Press, New-York, 2004.
- J. Lemaitre. *A Course on Damage Mechanics*. Springer, Berlin, 1992.
- J. Mandel. *Cours de Mécanique des Milieux Continus*. Gauthier-Villars, Paris, 1966.

- K. Mogi. Effect of the triaxial stress system on the failure of dolomite and limestone. *Tectonophysics*, 11:111–127, 1971.
- M.S. Paterson. *Experimental Rock Deformation, The Brittle Field*. Springer, Berlin, 1978.
- J.R. Rice and M.P. Cleary. Some basic stress-diffusion solutions for fluid-saturated elastic porous media with compressible constituents. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 14:227–241, 1976.
- G.K. Scholey, J.D. Frost, D.C.F. Lo Presti, and M. Jamiolkowski. A review of instrumentation for measuring small strains during triaxial testing of soil specimens. *Geotech. Test. J.*, 18(2):137–156, 1995.
- J. Talobre. *La Mécanique des Roches*. Dunod, Paris, 1957.
- H.A.M. Van Eekelen. Isotropic yield surfaces in three dimensions for use in soil mechanics. *Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.*, 4:89–101, 1980.
- C.C. Wang. A new representation theorem for isotropic functions. *Arch. Rat. Mech. Anal.*, 36(I-II):166–223, 1970.
- T.-f. Wong, C. David, and B. Menéndez. Mechanical compaction (chapter 2). In Y. Guéguen and M. Boutéca, editors, *Mechanics of Fluid-Saturated Rocks*, pages 55–114. Academic Press, New-York, 2004.