

*Sciences
de la Vie
et de
la Terre*

DÉFORMATION
DES ROCHES ET
TRANSFORMATION
DE LEURS MINÉRAUX
INITIATION À LA TECTONIQUE

Paul NOUGIER



044034

ellipses

044034

(3)

collection

Sciences de la Vie et de la Terre

dirigée par Paul Nougier

GL 94



Déformation des roches et transformation de leurs minéraux

Initiation à la Tectonique

Paul NOUGIER

Agrégé de l'Université

Professeur en classes préparatoires

Biologie-Chimie-Physique-Sciences de la Terre (BCPST)

Lycée Camille Guérin, Poitiers



044034

ellipses

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	11
Chapitre 1 : ÉTUDE THÉORIQUE DE LA DÉFORMATION STRUCTURALE.....	13
<i>I. L'ASPECT GÉOMÉTRIQUE DES DÉFORMATIONS.....</i>	<i>13</i>
A. Définitions. Caractéristiques générales	13
B. Les déformations homogènes	14
1. Les types de déformation	14
a. Le cisaillement pur	15
b. Le cisaillement simple	15
2. Caractéristiques et chemins de la déformation	15
a. Caractéristiques de la déformation.....	15
b. Analyse des chemins de la déformation	16
Conclusion	17
3. Les mesures de la déformation homogène : l'ellipsoïde de déformation	18
a. Expression de la déformation linéaire.....	20
b. Expression de la déformation angulaire	20
c. État de la déformation	20
d. Ellipsoïde et nature de la déformation	21
C. La déformation hétérogène	23
1. Comportement d'une roche hétérogène dans un aplatissement	23
2. Comportement d'une roche, homogène ou non, dans un gradient variable de déformation	24
<i>II. L'ASPECT DYNAMIQUE DES DÉFORMATIONS.....</i>	<i>25</i>
A. Notion de contrainte	25
B. Expression mathématique de la contrainte en un point	27
C. État et influence des contraintes dans la lithosphère	27
1. Les contraintes isotropes	27
2. Les contraintes anisotropes	28
<i>III. RELATION ENTRE AXES DE DÉFORMATIONS ET AXES DE CONTRAINTES.....</i>	<i>29</i>
A. Cisaillement pur	30
B. Cisaillement simple	30
EXERCICES	31

Chapitre 2 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA DÉFORMATION STRUCTURALE	35
I. <i>COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX : L'ASPECT RHÉOLOGIQUE</i>	35
A. Expérience fondamentale : les essais mécaniques	35
1. Protocole expérimental	35
2. Résultats	36
B. Influence des facteurs géologiques	36
1. Influence de la pression de confinement	37
a. En milieu isotrope, ou faible pression de confinement	37
b. En milieu anisotrope, ou forte pression de confinement	38
2. Influence de la température	39
3. Influence des fluides	40
4. Influence de la vitesse de déformation	41
5. Influence de la durée des efforts	41
Conclusion : Comportement de la lithosphère	42
C. Analyse quantitative de la déformation	44
1. Expression de la déformation élastique	44
2. Expression de la déformation plastique	45
3. Analyse géométrique des fractures	45
a. Calcul de l'angle θ	45
b. Recherche des caractéristiques de la contrainte de rupture : analyse de la fracturation	46
c. Utilisation de l'enveloppe de Mohr	48
4. Interprétation de la fracturation sous pression de fluides	48
5. Prédiction de la fracturation des roches	49
II. <i>SIMULATIONS ANALOGIQUES DES MODALITÉS DE LA DÉFORMATION</i>	50
A. Simulations réalisables en classe	50
1. Déformation non rotationnelle ou cisaillement pur	50
a. Kaolin mouillé, déformation ductile	51
b. Kaolin sec, déformation fragile	51
2. Déformation rotationnelle ou cisaillement simple	51
a. Kaolin mouillé, déformation ductile	52
b. Kaolin sec, déformation fragile	52
B. Analyse et interprétation des figures de la déformation	52
1. La déformation fragile	52
2. Déformation ductile	53
a. Déformation non rotationnelle	54
b. Déformation rotationnelle	55
3. Conclusion	56
III. <i>LES MÉCANISMES DE LA DÉFORMATION</i>	57
A. La déformation intracristalline	57
1. Le réseau cristallin et ses défauts	57
2. La dislocation du réseau cristallin ou fluage plastique	58
3. Migration d'atomes ou fluage-diffusion	59

B. La déformation intercrystalline.....	60
1. Glissement relatif des grains	60
2. Dissolution-recristallisation.....	60
CONCLUSION GÉNÉRALE	62
EXERCICES	63
CHAPITRE 3 : DÉFORMATION DES ROCHES EN PLACE	
INTRODUCTION À LA TECTONIQUE.....	65
<i>I. LES DÉFORMATIONS ÉLÉMENTAIRES.....</i>	<i>65</i>
A. Les failles.....	65
1. Définition-Caractéristiques générales	65
a. Diversité des failles	66
b. Direction et sens du mouvement.....	67
2. Initiation et évolution des failles	68
a. Modalités de développement des failles	68
b. Amortissement des failles.....	70
c. Le jeu des failles	72
3. Groupement de failles	73
B. Microstructures affectant tout le volume rocheux	73
1. Les schistosités	73
a. Définitions	73
b. Divers types de schistosités	74
2. Les linéations	75
a. Définition	75
b. Divers types de linéations	75
3. Rapports schistosité-foliation-linéation-déformation finie	76
a. En régime de cisaillement pur ou aplatissement	76
b. En régime de cisaillement simple	76
C. Déformations des strates : les plis.....	77
1. Définition-diversité	77
2. Mécanisme de formation des plis	78
Flexion et plis isopaques.....	80
3. Rapports schistosité-pli	85
<i>II. SYNTHÈSE RÉGIONALE.....</i>	<i>87</i>
A. Groupement de failles et tectonique cassante.....	87
1. Étude d'un exemple : la faille d'Alès	87
2. Extension et rifting	88
a. Cas du Fossé Rhénan	88
b. Cas des Alpes.....	89
Conclusion	90
3. Compression, failles inverses et écailles de socle	91

B. Structures plissées	91
C. Associations de plis et failles	95
1. Le Jura des plateaux (carte d'Ornans 1/50 000)	95
2. Les Massifs subalpins (carte de Grenoble 1/80 000)	95
3. Données du programme ECORS et forages dans le Jura et les Bornes ...	97
Conclusion	98
D. Du chevauchement à la nappe de charriage	98
1. Quelques exemples et définitions	98
2. Recherche des modalités de déplacement	101
a. La problématique	101
b. Les mécanismes	101
3. Les modalités de mise en place	103
a. Influence de l'érosion : décollement de couverture	103
b. Collision, nappes et ceinture de chevauchement	105
III. DÉFORMATIONS ACTUELLES À L'ÉCHELLE GLOBALE : SISMOGÉNÈSE ...	106
A. Les mécanismes au foyer : le principe	108
B. État des contraintes en Californie	110
1. En domaine océanique	110
2. En domaine continental	110
3. Interprétation	111
Conclusion	112
EXERCICES	113

Chapitre 4 : LES TRANSFORMATIONS MINÉRALOGIQUES

INTRODUCTION AU MÉTAMORPHISME	121
I. MISE EN ÉVIDENCE SUR LE TERRAIN : ÉTUDE D'UN EXEMPLE	121
A. Observation des 3 échantillons	121
B. Analyse des échantillons	122
1. Analyse minéralogique	123
2. Analyse chimique	123
C. Interprétation et conclusion	123
II. LES FACTEURS DE TRANSFORMATIONS MINÉRALOGIQUES	123
A. Influence des pressions et températures : approche thermodynamique ...	123
1. Étude d'un exemple : les silicates d'alumine	125
2. Les réactions thermométriques	126
a. Un exemple de réaction thermométrique et de géothermomètre	126
b. Quelques réactions thermodépendantes indicatrices de T	126
3. Les réactions barométriques	127
a. Un exemple de réaction barométrique et de géobaromètre	127
b. Quelques réactions barodépendantes indicatrices de P	128
B. Influence des déformations structurales : approche cinétique	129
C. Application : comment caractériser le métamorphisme ?	129

<i>III. FACIÈS ET TYPES MÉTAMORPHIQUES</i>	130
A. Les faciès métamorphiques	130
B. Notion de gradient et de types métamorphiques	132
1. Le type haute température-basse pression : HT-BP	132
2. Le type moyenne température-moyenne pression : MT-MP.....	133
3. Le type basse température-haute pression : BT-HP	133
C. Reconnaissance et chronologie relatives des phases métamorphiques	133
<i>IV. LE MÉTAMORPHISME, MARQUEUR DE LA GÉODYNAMIQUE GLOBALE</i> ..	135
A. Métamorphisme et subduction.....	137
B. Métamorphisme et collision.....	138
C. Métamorphisme et détente post-collisionnelle	139
EXERCICES	142
CORRIGÉS DES EXERCICES – CHAPITRE 1	155
CORRIGÉS DES EXERCICES – CHAPITRE 2	158
CORRIGÉS DES EXERCICES – CHAPITRE 3	161
CORRIGÉS DES EXERCICES – CHAPITRE 4	165
BIBLIOGRAPHIE	169
INDEX	171

Ce livre fait partie d'une collection d'ouvrages thématiques couvrant les programmes des classes préparatoires aux Grandes Écoles d'ingénieurs en biologie, géologie et du premier cycle universitaire.

Tout en montrant la diversité des déformations à toutes les échelles, l'auteur montre comment on peut les reconnaître et les utiliser sur le terrain pour reconstituer au mieux la mise en place de structures géologiques diverses. Des exercices permettent à la fin de chaque chapitre de se familiariser avec cette démarche.

La finalité de ce livre est d'apporter les notions fondamentales et la méthodologie utiles pour les épreuves des examens et concours. Cet ouvrage, qui s'adresse d'abord aux étudiants, pourra s'avérer très utile à tous ceux qui préparent les concours ouvrant aux carrières de l'Éducation nationale (CAPES, Agrégation), ainsi qu'à leurs enseignants.



ISBN 2-7298-4992-0