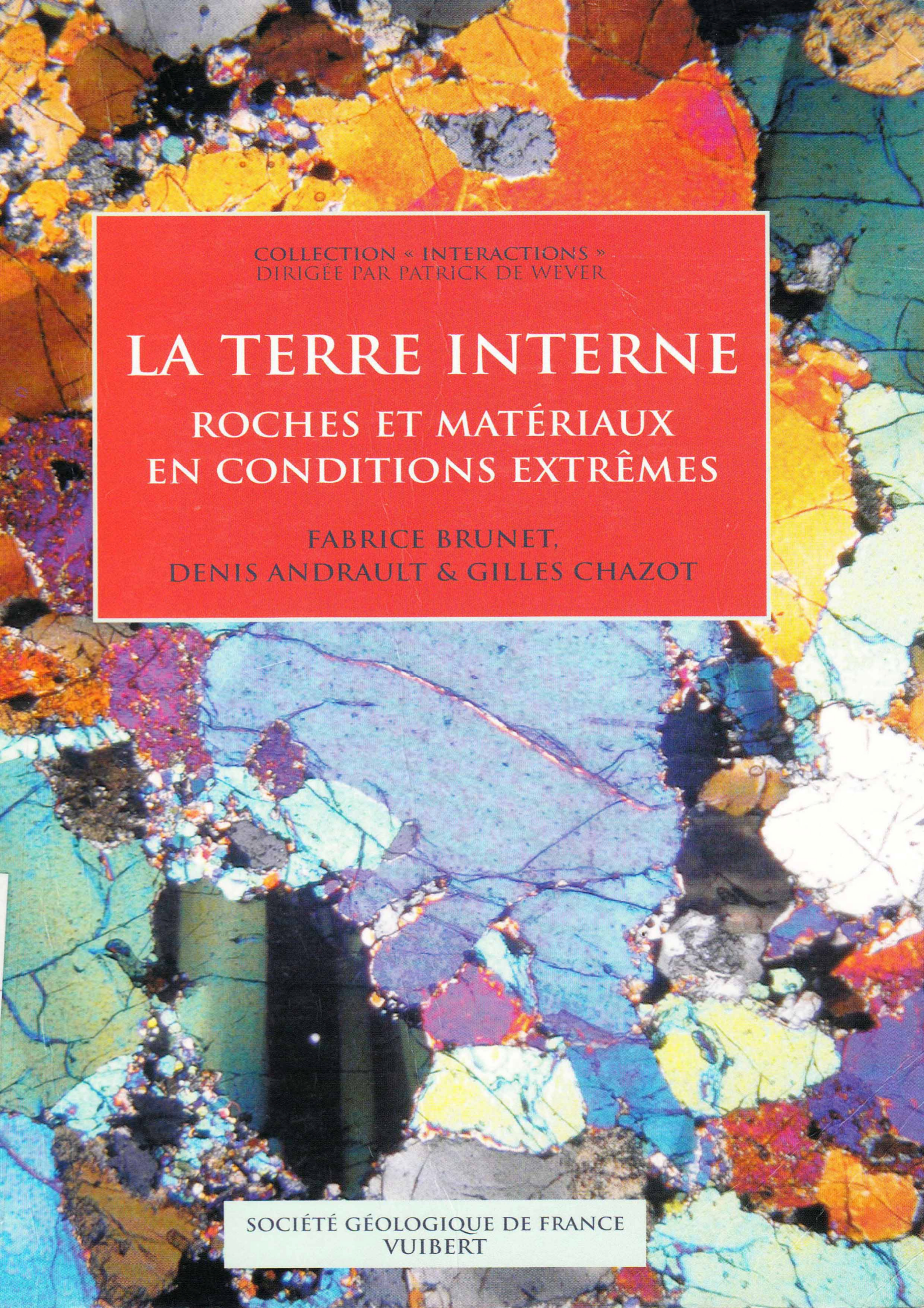




COLLECTION « INTERACTIONS »
DIRIGÉE PAR PATRICK DE WEVER

LA TERRE INTERNE

ROCHES ET MATÉRIAUX EN CONDITIONS EXTRÊMES

FABRICE BRUNET,
DENIS ANDRAULT & GILLES CHAZOT

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
VUIBERT

Table des matières

Préface	1
Avant-propos	3
Remerciements	4
CHAPITRE 1. Formation, composition et structure de la Terre : les notions de base	5
1. Formation et composition de la matière terrestre	5
1.1 Du Big Bang au système solaire : une histoire... nucléaire	5
<i>La nucléosynthèse, 5 – Soleil : le colosse du système solaire, 6</i>	
1.2 De la nébuleuse solaire aux planètes telluriques : le couple condensation-accrétion	6
<i>Séquence de condensation des éléments dans la nébuleuse solaire, 7 – À la recherche de la planète perdue : la ceinture d'astéroïdes, 8 – Accrétion homogène ou hétérogène ? Les deux scénarios extrêmes, 9</i>	
1.3 Les météorites primitives : aux origines de la Terre	10
<i>Matière présolaire : poussière d'étoile, 13 – Des molécules du vivant... dans l'espace, 14 – Comment connaît-on la chimie de la photosphère solaire ? 15 – Pourquoi les chondrites carbonées ? 16 – Approfondissement : les isotopes de l'oxygène dans le système solaire, 16</i>	
1.4 La Terre à l'Hadéen : beaucoup d'activité mais peu de témoins....	18
<i>Le système ^{182}Hf-^{182}W : une radioactivité éteinte pour dater la formation du noyau, 19 – L'abondance des éléments sidérophiles dans le manteau et la formation du noyau, 21</i>	
2. La composition chimique de la Terre silicatée	24
2.1 Les croûtes terrestres	24
<i>Structure de la croûte océanique, 24 – Îles et plateaux océaniques : un peu de variété chimique pour la croûte océanique, 26</i>	
2.2 Composition du manteau primitif	27
<i>La pyrolite : la roche idéale pour le manteau terrestre, 31 – L'évolution isotopique de la croûte et du manteau, 31</i>	
2.3 Manteau actuel et réservoirs géochimiques	33
<i>La zoologie des réservoirs isotopiques du manteau, 34 – Les isotopes de l'hélium : du gaz primitif piégé au cœur de la planète ? 36</i>	

3. Dynamique et structure interne	37
3.1 Refroidissement de la Terre et convection mantellique	37
<i>Gradient géothermique et flux de chaleur, 37 – Bilan énergétique de la Terre interne : beaucoup d'inconnues...</i>	38
3.2 Structure sismologique de la Terre interne	41
<i>De quoi dépend la propagation des ondes de volume dans la Terre ?</i>	41
3.3 Les apports de la tomographie sismique	43
3.4 Les modèles de dynamique globale de la Terre compatibles avec les données géophysiques et géochimiques	44
4. Pressions et températures à l'intérieur du globe et comportement des matériaux terrestres	47
4.1 Les pressions à l'intérieur de la Terre	47
<i>La pression dans la Terre ? Ça se calcule !</i>	47
<i>La compression à froid des polymorphes de $MgSiO_3$,</i>	49
4.2 Les contraintes sur les gradients de température	50
<i>Le diagramme de phase de l'olivine : méthode expérimentale et profil de température dans la Terre,</i>	51
<i>La cellule à enclumes de diamant : en route vers le noyau...</i>	53
<i>Le profil de température dans la Terre,</i>	55
4.3 Comment les structures cristallines s'adaptent aux fortes pressions et températures ?	56
<i>Approfondissement : l'enthalpie libre $\Delta G(P,T)$ et la stabilité relative des phases portées sous pression et température,</i>	57
<i>La compaction structurale de SiO_2,</i>	59
<i>Les bases de la minéralogie du manteau pyrolitique,</i>	60
<i>Approfondissement : le formalisme des équations d'état,</i>	62
4.4 La fusion partielle dans le manteau : de la roche au magma	65
CHAPITRE 2. Nature de la Terre profonde sous l'angle de la pétrologie	73
1. Les péridotites en enclaves : une fenêtre ouverte sur le manteau supérieur ...	73
1.1 Minéralogie et transitions de phase dans le manteau supérieur.	73
<i>La thermo-barométrie du manteau supérieur,</i>	75
1.2 Textures des péridotites : déformation et recristallisation dans le manteau supérieur	77
<i>Les pyroxénites, recyclage et cristallisation dans le manteau supérieur,</i>	78
2. Massifs orogéniques et complexes ophiolitiques : le manteau supérieur grandeur nature	80
2.1. Les complexes ophiolitiques	81
2.2 Les massifs orogéniques	83
<i>Un laser pour percer le secret des roches du manteau,</i>	85

3. Interactions fluides-manteau : le métasomatisme	88
3.1 Différents types d'interactions fluides-roches : métasomatisme cryptique versus métasomatisme modal	89
<i>Métasomatisme modal : des minéraux exotiques dans le manteau supérieur</i> , 90	
3.2 Nature et mobilité des fluides métasomatiques dans le manteau ...	93
3.3 Stabilité des phases métasomatiques dans le manteau	95
4. Convergence lithosphérique et zones de subduction : l'appel des profondeurs	96
4.1 Caractéristiques de la lithosphère océanique qui entre en subduction	96
<i>Structure thermique de la plaque plongeante : l'œil du numéricien</i> , 97 – <i>Subduction continentale : une réalité pour le pétrographe</i> , 100	
4.2 Pétrologie de la plaque océanique plongeante hydratée et nature des fluides produits	101
<i>Approfondissement : magma ou fluide aqueux ? Une question supercritique ! 105 – Des minéraux anhydres pas très secs ! 107</i>	
5. Les diamants, une fenêtre sur le manteau profond	109
5.1 Formation des diamants dans le manteau	109
5.2 Nature et origine des inclusions silicatées dans les diamants asthénosphériques	111
<i>Gisements primaires de diamants : les kimberlites</i> , 114	
5.3 Phases de haute pression et haute température dans les météorites choquées.	116
5.4 Échantillons du manteau profond et des météorites choquées : quelques perspectives.....	118
<i>Traquer les conditions extrêmes dans les péridotites : les exsolutions minérales</i> , 120	
CHAPITRE 3. Les matériaux constitutifs de la Terre interne sous les angles de la physicochimie et de l'expérimentation	123
1. Le modèle pyrolitique moyen	123
1.1 Minéralogie de la zone de transition	123
<i>Les mécanismes de transition de phase : germination, croissance et transformation martensitique</i> , 124 – <i>Diagramme de phases de l'olivine à hautes pression et température</i> , 127 – <i>Rôle de l'aluminium sur la minéralogie de la zone de transition</i> , 132	
1.2 Minéralogie du manteau inférieur	134
<i>Les modèles de composition chimique et de température</i> , 136	
1.3 La pérovskite silicatée, le minéral majeur du manteau inférieur ...	140
<i>Insertion des défauts Al^{3+} et Fe^{3+} dans la phase $Al-(Mg,Fe)SiO_3$ pérovskite et fugacité d'oxygène dans le manteau inférieur</i> , 143 – <i>La formation de la phase postpérovskite de type $CaIrO_3$</i> , 148	

2. Minéralogie des plaques subduites dans le manteau profond	150
2.1 Phases d'accueil des éléments « incompatibles »	150
2.2 Les autres phases importantes du manteau	154
<i>Compacité et transitions de phase dans la stishovite SiO₂, 156</i>	
2.3 Minéralogie des plaques plongeantes dans le manteau.	159
2.4 Contraste de densité entre les plaques plongeante et le manteau pyrolitique	163
<i>Devenir des plaques plongeantes dans le manteau profond, 166</i>	
3. Relations entre le manteau et le noyau.	169
3.1 La couche D'' et l'interface noyau-manteau : quelques hypothèses.	169
<i>Ségrégation du noyau dans le manteau primitif, 172</i>	
3.2 Le noyau terrestre.	174
<i>Déficit de densité du noyau externe et de la graine, 175 – Contraintes expérimentales sur les éléments légers dans le noyau, 178</i>	
Glossaire	185
Bibliographie.	195
Index	200