



Neutrons et Géologie



Apport des neutrons pour la géologie

Localisation des hydrogènes dans les structures cristallines des minéraux et caractérisation des liaisons hydrogènes

Identification des sites occupés par les cations présents dans les minéraux même s'ils possèdent un nombre égal ou similaire d'électrons (K⁺ et Ca²⁺, K⁺ et Cl⁻)

Etude in situ grâce à des cellules haute pression et /ou haute température -> reproduction de l'environnement naturel

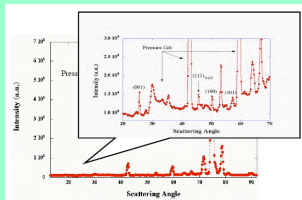
La grande pénétration des neutrons permet l'étude des textures sur des spécimens de taille considérable -> image globale du milieu étudié

Diffraction sur poudre et monocristal

La diffraction des neutrons sur les roches permet de déterminer de façon très précise la structure des minéraux, leurs propriétés magnétiques et donne également accès aux les propriétés des liaisons hydrogènes.

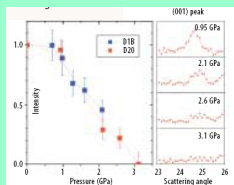
Les expériences peuvent être réalisées sous conditions ambiantes et sous conditions extrêmes de température et de pression afin de reproduire le milieu naturel.

Exemple de la pyrrhotite



La pyrrhotite est un minéral présent dans les météorites venant de Mars.

La démagnétisation en fonction de la pression a été mise en évidence en suivant l'évolution d'un 'pic magnétique' (P. Rochette, B. Ouladdiaf).



Ce pic décroît progressivement lorsque la pression augmente et disparaît 2.6 et 3.1 GPa.

Le pyrrhotite pourrait donc être à l'origine du champ magnétique rémanent sur Mars.

L'absence de magnétisme dans les météorites provenant de Mars pourrait être liée au choc subit quand elles heurtent la terre.

Détermination de la textures par diffraction

La texture peut être définie comme la distribution anisotrope non statistique des cristallites présents dans un polycristal.

La connaissance de l'orientation cristallographique préférentielle d'un spécimen géologique déformé donne donc des indices sur l'historique de déformation d'une roche. (Schafer, Eur. J. Mineral, 14, 349-355 2002)

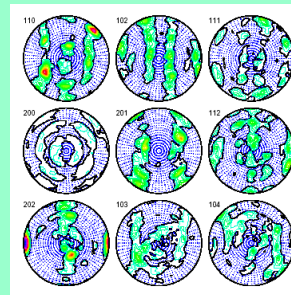


Figure de pôle expérimentales de la quartzite naturelle déformée

Exemple de la quartzite

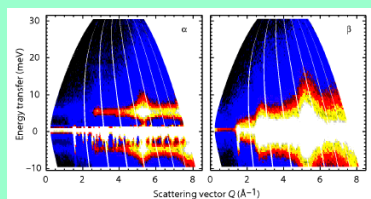
La méthode consiste à mesurer des figures de pôle en scannant le cristal sur un ensemble d'orientations, puis à rassembler la distribution de densité de pôle de plan cristallographiques particuliers.

L'analyse des contraintes résiduelles dans un matériau géologique est cruciale car les effets naturels sur les roches sont plusieurs ordres de grandeurs inférieurs à ceux sur les matériaux technologiques et les forages entraînent des relaxations de contraintes

Diffusion inélastique et dynamique de réseau

Les expériences de diffusion cohérente inélastique sur les échantillons polycristallins permettent soit des mesures en fonction du module du vecteur de diffusion Q soit d'intégrer sur tout le domaine de Q pour obtenir une densité d'états des phonons

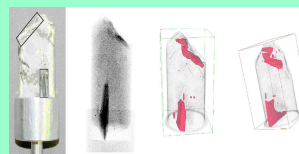
Exemple de la cristobalite



Des mesures dans les 2 phases de la cristobalite (fig. ci-dessus) permettent de mettre en évidence une diffusion supplémentaire aux basses énergie (en dessous de 5mev) dans la phase haute température beta. (Dove et al. Min. Mag. 54 569-576 2000)

Imagerie neutronique et tomographie

Cette technique complémentaire à l'imagerie X est idéale pour l'analyse des roches. Elle donne accès à la composition minérale ainsi qu'à la taille et la distribution des grains.



Exemple du granit pegmatite : l'inspection visuelle de l'échantillon permet la mise en évidence de 2 grain de mica (à droite). L'image tomographique permet d'étudier la connexion de ces grains avec les autres minéraux.

Exemple de la basanite :

Les cavités zéolitiques incluses peuvent être vues dans l'échantillon entier (à gauche) ainsi que dans la tranche tomographique (au milieu). La figure de droite représente une tranche virtuelle bi-dimensionnelle

