

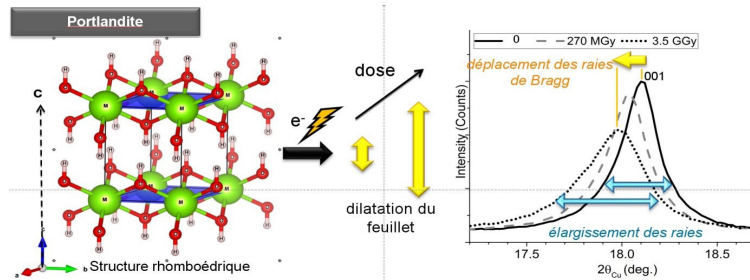


Comportement sous irradiation gamma et électronique de matrices cimentaires

Frédéric Dunstetter : tél : 01.69.33.44.99, frederic.dunstetter@cea.fr.
Jeremy Haas : tél : 04.66.39.71.30, jeremy.haas@cea.fr.

Les composés fortement radioactifs entreposés jusqu'ici dans l'Atelier de vitrification de Marcoule doivent en être retirés pour un stockage plus définitif. Il est prévu de les enrober dans une matrice cimentaire dont on attend qu'elle soit plus résistante et qu'elle produise le moins d'hydrogène possible. Dans une étude faisant l'objet d'une thèse (L. Acher), effectuée au centre de Marcoule et pour partie au LSI, diverses matrices cimentaires utilisables dans des conditions de pH variées ont été synthétisées, produisant une grande variété d'hydrates.

L'irradiation aux rayons gamma dans un domaine de dose de 100 à 500 kGy, représentative des conditions de stockage dans les 150 premières années, a montré, entre autres résultats, que l'hydrate peut participer significativement à la production d'hydrogène radiolytique. Afin d'étudier la résistance à l'irradiation du matériau lui-même, ces matériaux ont également été irradiés par des électrons de 2.5 MeV (accélérateur d'électrons SIRIUS du LSI) à des doses beaucoup plus fortes (GGy). L'étude par diffraction des rayons X montre une bonne tenue à l'irradiation, favorable pour leur emploi ultérieur. Les comportements sont variés. A l'échelle microstructurale, les élargissements de raies traduisent une diminution de la taille des grains cohérents résultant des dégâts d'irradiation. A l'échelle nanométrique, on observe un gonflement anisotrope de la maille cristalline, avec des résultats parfois inattendus. Ainsi la portlandite et la brucite pourtant isostructurales (figure) ont un comportement différent, ce qui montre qu'on ne peut pas prévoir le comportement dans une série de matériaux de structure voisine, et que l'expérimentation doit en ce domaine rester la règle.



Irradiation aux électrons de la portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sur l'accélérateur SIRIUS du LSI. On observe une dilatation le long de l'axe c hexagonal entre 2 et 3 fois plus forte que le long des axes dans le plan (a, b) (figure de gauche). Pour la brucite $\text{Mg}(\text{OH})_2$, isostructurale, on observe la même dilatation le long de l'axe hexagonal, mais on observe au contraire une contraction dans le plan (a, b), conduisant à une dilatation volumique plus faible. L'élargissement des raies (figure de droite) traduit une évolution microstructurale, avec diminution de la taille des grains cohérents.

L'hydrate peut participer significativement à la production d'hydrogène radiolytique. Afin d'étudier la résistance à l'irradiation du matériau lui-même, ces matériaux ont également été irradiés par des électrons de 2.5 MeV (accélérateur d'électrons SIRIUS du LSI) à des doses beaucoup plus fortes (GGy). L'étude par diffraction des rayons X montre une bonne tenue à l'irradiation, favorable pour leur emploi ultérieur. Les comportements sont variés. A l'échelle microstructurale, les élargissements de raies traduisent une diminution de la taille des grains cohérents résultant des dégâts d'irradiation. A l'échelle nanométrique, on observe un gonflement anisotrope de la maille cristalline, avec des résultats parfois inattendus. Ainsi la portlandite et la brucite pourtant isostructurales (figure) ont un comportement différent, ce qui montre qu'on ne peut pas prévoir le comportement dans une série de matériaux de structure voisine, et que l'expérimentation doit en ce domaine rester la règle.



Les images volées d'un ordre magnétique très discret

Jean-Yves Chauleau : tél : 01.69.08/01.42, jean-yves.chauleau@cea.fr. Michel Viret : tél : /71.60, michel.viret@cea.fr.

Les anti-ferromagnétiques (AF), qui composent la majorité des matériaux magnétiques, ne sont pas (encore) utilisés dans les technologies de l'information comme éléments actifs, contrairement à leurs analogues ferromagnétiques. Dans ces composés, les moments magnétiques atomiques pointent dans des directions opposées entre voisins, ce qui produit donc une aimantation résultante nulle. Cet ordre est insensible à un champ magnétique et particulièrement difficile à observer. Cependant, l'application de ces matériaux est prometteuse car leur dynamique intrinsèque est cent fois plus rapide que celle des composants ferromagnétiques, et se situe alors dans le régime technologiquement important du térahertz. Ces propriétés remarquables sont toutefois inutilisables sans un contrôle fiable de l'ordre antiferromagnétique et il est donc essentiel de trouver les stimuli extérieurs adéquats. Au SPEC, nous avons développé une technique d'imagerie en optique non-linéaire qui consiste à éclairer les matériaux et à détecter la lumière émise au double de la fréquence incidente (figure) : la génération de seconde harmonique (SHG). L'analyse de la SHG émise par un échantillon à la fois ferroélectrique et antiferromagnétique (BiFeO_3), a permis de mettre en évidence la répartition en domaines AF dans un monodomaine ferroélectrique. De plus cette étude a démontré qu'une impulsion femtoseconde intense est en mesure de changer la répartition des domaines AF. Pour l'heure, ces effets ne sont pas contrôlés et restent même partiellement incompris. Toutefois, cette étude représente un pas important vers la manipulation toute optique de l'ordre antiferromagnétique, et l'utilisation potentielle de ces matériaux en tant qu'éléments mémoires de haute densité et composants ultra-rapides.

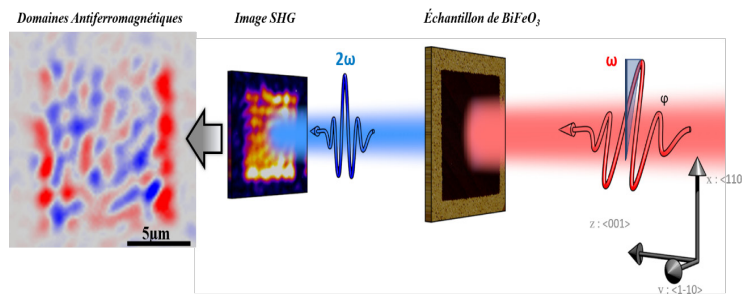


Schéma de l'expérience, de droite à gauche : une impulsion optique femtoseconde (en rouge) traverse l'échantillon et la seconde harmonique générée (en bleu) est imagée par une caméra CCD. L'échantillon est une couche de BiFeO_3 multiferroïque dont un monodomaine de 10x10 microns a été préalablement écrit (en noir). L'image antiferromagnétique reconstruite montre une répartition en deux populations de domaines AF (bleu et rouge) de taille caractéristique proche du micron.

Les anti-ferromagnétiques (AF), qui composent la majorité des matériaux magnétiques, ne sont pas (encore) utilisés dans les technologies de l'information comme éléments actifs, contrairement à leurs analogues ferromagnétiques. Dans ces composés, les moments magnétiques atomiques pointent dans des directions opposées entre voisins, ce qui produit donc une aimantation résultante nulle. Cet ordre est insensible à un champ magnétique et particulièrement difficile à observer. Cependant, l'application de ces matériaux est prometteuse car leur dynamique intrinsèque est cent fois plus rapide que celle des composants ferromagnétiques, et se situe alors dans le régime technologiquement important du térahertz. Ces propriétés remarquables sont toutefois inutilisables sans un contrôle fiable de l'ordre antiferromagnétique et il est donc essentiel de trouver les stimuli extérieurs adéquats. Au SPEC, nous avons développé une technique d'imagerie en optique non-linéaire qui consiste à éclairer les matériaux et à détecter la lumière émise au double de la fréquence incidente (figure) : la génération de seconde harmonique (SHG). L'analyse de la SHG émise par un échantillon à la fois ferroélectrique et antiferromagnétique (BiFeO_3), a permis de mettre en évidence la répartition en domaines AF dans un monodomaine ferroélectrique. De plus cette étude a démontré qu'une impulsion femtoseconde intense est en mesure de changer la répartition des domaines AF. Pour l'heure, ces effets ne sont pas contrôlés et restent même partiellement incompris. Toutefois, cette étude représente un pas important vers la manipulation toute optique de l'ordre antiferromagnétique, et l'utilisation potentielle de ces matériaux en tant qu'éléments mémoires de haute densité et composants ultra-rapides.

