

# « ÉTUDE DE CÉRAMIQUES D'HEXAFERRITES DE TYPE M : SYNTHÈSE RAPIDE PAR MICRO-ONDES EN VOIE SOLIDE - INFLUENCE DE LA COMPOSITION SUR LES PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES » PAR FLORA MOLINARI

**Discipline : Science des Matériaux, Laboratoire : Laboratoire d'Ingénierie des  
Systèmes de Versailles LISV**

## Résumé

Cette thèse est consacrée à l'étude des hexaferrites et, plus particulièrement, de l'hexaferrite de strontium de type M de formule  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ . Ce composé appartient à la catégorie des matériaux permettant de fabriquer des aimants permanents ; il montre de bonnes propriétés magnétiques et est synthétisé à base de précurseurs ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{SrCO}_3$ ) abondants et bon marché. De ce fait, les hexaferrites ont déjà été largement étudiées dans la littérature et certaines sont produites à grande échelle. Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés, d'une part, à leur synthèse par une voie non-conventionnelle et, d'autre part, à l'influence de certaines co-substitutions sur leurs propriétés magnétiques dans l'objectif d'en diminuer le coût ou encore d'en améliorer les performances. Un chapitre de ce manuscrit est tout d'abord consacré à l'élaboration d'un composé de formule  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  en voie solide conventionnelle, sur la caractérisation de ses propriétés chimiques et physiques avec les techniques présentes au laboratoire (DRX sur poudre, mesure de l'aimantation en fonction du champ) et leurs comparaisons avec les données de la littérature. Ce composé a servi notamment de référence pour les autres chapitres expérimentaux. Le chapitre suivant a permis de démontrer la faisabilité

de la synthèse de cette hexaferrite de strontium de type M par micro-ondes. Pour cela, la synthèse du composé  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  dans une cavité monomode délivrant une fréquence de 2,45 GHz est décrite. Les propriétés structurales et magnétiques de cette céramique sont comparées avec celles de la céramique conventionnelle du chapitre précédent. Enfin, dans une optique de recherche de nouvelles compositions pour les aimants permanents à partir des hexaferrites par le biais de substitutions, une étude d'hexaferrites de strontium co-substituées de formules  $\text{Sr}_{1-x}\text{TR}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Cu}_y\text{O}_{19}$  avec  $\text{TR} = \text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$  et  $\text{Sm}^{3+}$  est menée. Contrairement aux résultats de la littérature pour les composés  $\text{Sr}/\text{La}^{3+}\text{-Fe}/\text{Cu}^{2+}$ , les comparaisons de nos résultats avec ceux d'autres composés substitués synthétisés dans le cadre de la thèse montrent que la co-substitution  $\text{Sr}/\text{TR}\text{-Fe}/\text{Cu}^{2+}$  n'améliore pas les propriétés magnétiques de l'hexaferrite de strontium. Des hypothèses sont avancées pour expliquer ces résultats expérimentaux.

## **Abstract**

This manuscript is dedicated to the hexaferrites compounds and, especially, to the M-type strontium hexaferrites with a  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  formula. This compound is one of those used to make permanent magnets, it has good magnetic properties and it is synthesized from abundant and inexpensive precursors ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{SrCO}_3$ ). As a consequence, the hexaferrites have been studied a lot in the literature and some of the hexaferrites based compounds are produced at a large-scale. In this thesis, in one hand, we focused on their synthesis by an unconventional solid state method. In the other hand, we focused on the influence of some co-substitutions on their magnetic properties with the objective of reducing their cost or improving their performances. First, one part of this manuscript is dedicated to the processing of a  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  compound by conventional solid state synthesis, the characterization of the chemical and physical properties with the techniques available in the laboratory (powder XRD, measurement of the magnetization versus the applied magnetic field) and their comparison with the data of the literature. This compound also served as a reference compound for the other experimental chapters. Then, another part deals with the demonstration of the feasibility to synthesize by microwaves this M-type strontium hexaferrite. In that respect, the synthesis of the  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  compound in a home-made 2.45 GHz single-mode microwave cavity is described. It is followed by the structural and the magnetic properties comparison of ceramics synthesized by either microwave or conventional solid state. Lastly, with the view of searching for new compositions for hexaferrite magnets by chemical substitutions, a study is carried out on co-substituted strontium hexaferrites of  $\text{Sr}_{1-x}\text{TR}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Cu}_y\text{O}_{19}$  formula for  $\text{TR} = \text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$  and  $\text{Sm}^{3+}$ . Unlike the results reported in the literature for the  $\text{Sr}/\text{La}^{3+}\text{-Fe}/\text{Cu}^{2+}$  co-substituted compounds, the comparison of our results with other substituted compounds synthesized during the thesis work

demonstrate that the Sr/TR-Fe/Cu<sup>2+</sup> co-substitution does not improve the magnetic properties of the strontium hexaferrite. Some hypotheses are given to explain those experimental results.

## INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

**M. Victor ETGENS**, Professeur des Universités, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, FRANCE - Directeur de these

**M. Jean-Marie LE BRETON**, Professeur des universités, Université de Rouen Normandie, FRANCE - Rapporteur

**M. Frédéric MAZALEYRAT**, Professeur des universités, ENS Cachan, FRANCE - Examineur

**M. Radu FRATILA**, Ingénieur de recherche, Valéo EEM, FRANCE - Examineur

**Contact :** DSR - Service SFED : [theses@uvsq.fr](mailto:theses@uvsq.fr)