



HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

Physique

Année universitaire : 2024 / 2025

présentée et soutenue publiquement par :

Guillaume F. NATAF

le 30 septembre 2024

Ferroelectric and ferroelastic domain walls: from fundamental properties towards applications

JURY :

| | | | |
|--------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| Mme Cécile | AUTRET | Professeure des Universités | Université de Tours |
| Mr Gustau | CATALAN | Professeur | ICN2, Barcelone, Espagne |
| Mme Maryline | GUILLOUX-VIRY | Professeure des Universités | Université de Rennes |
| Mr Franck | LEVASSORT | Professeur des Universités | Université de Tours |
| Mme Patrycja | PARUCH | Professeure | Université de Genève, Suisse |
| Mr Morgan | TRASSIN | Professeur | ETH Zürich, Suisse |

Summary

This manuscript summarizes my research work from my PhD to the most recent years in GREMAN, with a strong emphasis on ferroelectric and ferroelastic materials, which constitute the backbone of most of my research.

It is organized in four chapters. The first one is a general introduction that lays the basics on ferroelectric and ferroelastic domain structures. It is followed by a chapter on different methods and strategies developed to image these structures, with the aim to get a better understanding of their interactions with defects, liquid crystals at their surfaces, as well as their intrinsic properties.

The third chapter deals with the movement of domain walls under an applied electric field, with a strong focus on avalanche processes. Indeed, the response of domain walls to an electric field is subject to intense fundamental and applied research as it is at the core of ferroelectric switching. With this aim, two approaches have been developed. The first one relies on the study of individual domain wall movements on long timescales. It explains the nucleation and growth of domains and their interaction with defects, interfaces, and existing domain walls. The second one aims to understand collective movements during short timescales. It considers discrete impulsive jumps occurring during the motion of domain walls, as indicators of avalanches on a broad range of scales.

The fourth and last chapter summarizes my most recent work on the interaction between domain structures and phonons in ferroelectric and ferroelastic materials. It describes the use of ferroelectric and ferroelastic materials for a novel application: heat flow management, by building solid-state thermal conductivity switches.

Résumé

Ce manuscrit résume mes travaux de recherche depuis mon doctorat jusqu'aux années les plus récentes au GREMAN, avec un fort accent sur les matériaux ferroélectriques et ferroélastiques, qui constituent le cœur de la plupart de mes recherches.

Il est organisé en quatre chapitres. Le premier est une introduction générale qui pose les bases des structures de domaines ferroélectriques et ferroélastiques. Il est suivi d'un chapitre sur les différentes méthodes et stratégies développées pour imager ces structures, dans le but de mieux comprendre leurs interactions avec les défauts, les cristaux liquides à leurs surfaces, ainsi que leurs propriétés intrinsèques.

Le troisième chapitre traite du mouvement des parois de domaine sous un champ électrique, avec un accent particulier sur les processus d'avalanche. En effet, la réponse des parois de domaines à un champ électrique est l'objet d'intenses recherches fondamentales et appliquées car elle est au cœur de la commutation ferroélectrique. Dans ce but, deux approches ont été développées. La première repose sur l'étude des mouvements de parois de domaines individuelles sur de longues échelles de temps. Elle explique la nucléation et la croissance des domaines et leur interaction avec les défauts, les interfaces et les parois de domaines existantes. La seconde vise à comprendre les mouvements collectifs sur des échelles de temps courtes. Elle considère les sauts impulsifs discrets se produisant lors du mouvement des parois de domaines comme des indicateurs d'avalanches.

Le quatrième et dernier chapitre résume mes travaux les plus récents sur l'interaction entre les structures de domaines et les phonons dans les matériaux ferroélectriques et ferroélastiques. J'y envisage d'utiliser des matériaux ferroélectriques et ferroélastiques pour une nouvelle application : la gestion du flux thermique, en construisant des interrupteurs de conductivité thermique.