



## Synthèse, croissance cristalline et caractérisations approfondies de composés intermétalliques à réseau kagome

Thèse en codirection entre Pierric Lemoine (PR) et Lucas Eichenberger (MCF)  
sur un contrat doctoral de l'université de Lorraine (2025-2028)

[pierric.lemoine@univ-lorraine.fr](mailto:pierric.lemoine@univ-lorraine.fr) ; [lucas.eichenberger@univ-lorraine.fr](mailto:lucas.eichenberger@univ-lorraine.fr)

**Mots clés :** Chimie et physique des matériaux ; Diffraction ; Cristallographie ; Caractérisations multi-échelles ; Grands instruments ; Propriétés électroniques

**Résumé :** Les composés intermétalliques à réseau kagome présentent des caractéristiques structurales favorables à l'obtention de propriétés physiques spécifiques telles que de la criticité quantique, des ondes de densités de charge, de la supraconductivité, de la magnétorésistance... Cependant l'étude et la compréhension de ces propriétés par les physiciens de la matière condensée nécessite, d'une part, la croissance de monocristaux et, d'autre part, la découverte et la caractérisation de nouveaux composés intermétalliques présentant ce type de réseau. Ces deux points restent des enjeux majeurs où les chimistes du solide peuvent apporter toutes leur expertise. C'est dans ce cadre que s'articulera ce sujet de thèse sur la synthèse, la croissance cristalline et la caractérisation multi-échelle de composés intermétalliques à réseau kagome. Une première partie du sujet sera consacrée à la synthèse et à l'étude approfondie de composés intermétalliques ternaires et quaternaires dont le réseau kagome est formé soit par les métaux  $3d$  soit par les métaux  $4f$ . Une seconde partie portera sur la croissance cristalline de certains de ces composés par l'utilisation de diverses techniques de croissance. Les synthèses, la mise en forme et les études structurales, chimiques et magnétiques seront réalisées à l'aide des appareils présents au laboratoire et complétées avec l'utilisation des grands instruments. Des collaborations nationales et/ou internationales seront envisagés pour la caractérisation de certaines propriétés spécifiques ou l'utilisation de conditions bien particulières. La thèse débutera en octobre 2025 pour une période de 3 ans. Le/la candidat(e) sera titulaire d'un master ou diplôme d'ingénieur en chimie et/ou physique des matériaux. Des compétences en analyse cristallographique et/ou magnétique seront un atout.

### **Références :**

Eichenberger et al., *Possible room-temperature signatures of unconventional 4f-electron quantum criticality in  $\text{YbMn}_6\text{Ge}_{6-x}\text{Sn}_x$* , Phys. Rev. B **2020**, 101, 020408; Haraux et al., *Enhanced Sommerfeld coefficient near the quantum critical point in  $\text{YbMn}_6\text{Ge}_{6-x}\text{Sn}_x$* , Solid State Commun. **2022**, 341, 114551; Liu et al., *Nontrivial spin textures induced remarkable topological Hall effect and extraordinary magnetoresistance in kagome magnet  $\text{TmMn}_6\text{Sn}_6$* , Surfaces and Interfaces **2023**, 39, 102866; Lee et al., *Nature of charge density wave in kagome metal  $\text{ScV}_6\text{Sn}_6$* , NPJ Quantum Materials **2024**, 9, 15; Wilson & Ortiz,  *$\text{AV}_3\text{Sb}_5$  kagome superconductors*, Nature Reviews Materials **2024**, 9, 430-432.



## Synthesis, single crystal growth and in-depth characterization of intermetallic compounds with kagome lattice

Ph.D. thesis under the codirection of Pierric Lemoine (PR) and Lucas Eichenberger (MCF) on a doctoral fellowship of the University of Lorraine (2025-2028)

[pierric.lemoine@univ-lorraine.fr](mailto:pierric.lemoine@univ-lorraine.fr) ; [lucas.eichenberger@univ-lorraine.fr](mailto:lucas.eichenberger@univ-lorraine.fr)

**Keywords:** Physics and Chemistry of materials; Diffraction; Crystal chemistry; Multi-scale characterizations; Large-scale facilities; Electronic properties

**Resume:** Intermetallic compounds with kagome lattice exhibit structural features favorable to outstanding physical properties such as quantum criticality, charge density waves, superconductivity, magnetoresistance ... However, the study and the understanding of these properties by condensed matter physicists requires large single crystals, on the one hand, and development of new materials with kagome lattice, on the other hand. These two points are major challenges where condensed matter chemists can bring all their expertise. In this context, we propose this Ph.D. subject on the synthesis, crystal growth and multi-scale characterization of intermetallic compounds with kagome lattice. The first part of the Ph.D. will focus on the synthesis and in-depth study of ternary and quaternary intermetallics with kagome lattice formed either by  $3d$  metals or  $4f$  metals. The second part will be involved on the single crystal growth of some of the most promising materials using several technics. Synthesis, shaping, as well as structural, chemical and magnetic studies will be done thank to apparatus available at the Institute and will be completed by using large-scale facilities. National and international collaborations will be undertaken for the characterization of specific properties and/or studies under extreme conditions. The Ph.D. will start in October 2025 for 3 years. The Ph.D. student will be titular of a Master or Engineer diploma in materials chemistry and/or physics. Skills in crystallographic and/or magnetic analysis will be an advantage.

### **References:**

Eichenberger et al., *Possible room-temperature signatures of unconventional 4f-electron quantum criticality in  $\text{YbMn}_6\text{Ge}_{6-x}\text{Sn}_x$* , Phys. Rev. B **2020**, 101, 020408; Haraux et al., *Enhanced Sommerfeld coefficient near the quantum critical point in  $\text{YbMn}_6\text{Ge}_{6-x}\text{Sn}_x$* , Solid State Commun. **2022**, 341, 114551; Liu et al., *Nontrivial spin textures induced remarkable topological Hall effect and extraordinary magnetoresistance in kagome magnet  $\text{TmMn}_6\text{Sn}_6$* , Surfaces and Interfaces **2023**, 39, 102866; Lee et al., *Nature of charge density wave in kagome metal  $\text{ScV}_6\text{Sn}_6$* , NPJ Quantum Materials **2024**, 9, 15; Wilson & Ortiz,  *$\text{AV}_3\text{Sb}_5$  kagome superconductors*, Nature Reviews Materials **2024**, 9, 430-432.