



## Avis de Soutenance

### Madame Mahsasadat SAFAVI

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mercredi 31 mars 2021** à 10h00

Lieu : 1 Cours Louis Leprince-Ringuet, 25200 Montbéliard

Salle : Amphi M101

Titre des travaux : Etude des propriétés thermoélectriques de revêtements d'alliages métalliques à base de magnésium déposés par pulvérisation cathodique

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 33

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Nicolas MARTIN

Codirecteur de thèse : Mohammad ARAB POUR YAZDI  HDR  NON HDR

Soutenance :  Publique  A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Nicolas MARTIN	Professeur des universités	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
Mme Nicole FRETY	Professeure des universités	Université de Montpellier, Montpellier, France	Rapporteure
Mme Angélique BOUSQUET	Maître de conférences	Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand, France	Rapporteure
M. Bertrand LENOIR	Professeur des universités	Université de Lorraine, Nancy, France	Examineur
Mme Corinne NOUVEAU	Maître de conférences	Arts et Métiers Sciences et Technologies, HESAM Université, Paris, France	Examinatrice
M. Alain BILLARD	Professeur des universités	Université de Bourgogne Franche-Comté, UTBM, Montbéliard, France	Examineur
M. Mohammad ARAB POUR YAZDI	Ingénieur de recherche	Université de Bourgogne Franche-Comté, UTBM, Montbéliard, France	Co-directeur de thèse

**Mots-clés** : Couche mince, Thermoélectrique, Mg<sub>2</sub>X, solution solide, pulvérisation cathodique,

## Résumé de la thèse (en français) :

Les matériaux thermoélectriques ont suscité un intérêt mondial, grâce à leur capacité à convertir directement l'énergie thermique en électrique de manière propre et renouvelable.  $Mg_2X$  ( $X = Si, Sn, Ge$ ) et leurs solutions solides attirent plus d'attention en raison de leur stabilité thermique, faible coût, non-toxicité, abondance dans la croûte terrestre, faible densité et leur potentiel pour fournir à la fois la conduction de type n ou p pour des applications dans une gamme de températures modérées. La plupart des études menées sur ces matériaux sont limitées aux matériaux de type-n et en massif, tandis que pour le développement d'un bon générateur thermoélectrique les matériaux performants de type n et p sont nécessaires. En plus, des matériaux développés en couches minces sont essentiels pour réduire la taille des dispositifs thermoélectriques actuels afin de les utiliser dans des applications miniaturisées comme microsystèmes électromécaniques et Internet des objets. Cette thèse vise à développer et à améliorer les performances thermoélectriques des alliages de type p à base de Mg en utilisant différentes stratégies, y compris la synthèse sous forme de couches minces, déficient en magnésium, ou dopées, et des solutions solides. Dans ce travail, des films minces ont été déposés par pulvérisation cathodique magnétron et le rôle de la composition chimique et de la modification structurale sur les propriétés électroniques et thermoélectriques des films ont été étudiés. L'influence du dopage en Cu sur les films  $Mg_2Sn$  stoechiométrique et sur les couches minces déficientes en Mg a été étudiée comme une stratégie pour améliorer les performances thermoélectriques dans le système  $Mg_2Sn$ . De telle manière, les performances thermoélectriques de  $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ , ont été étudiées en fonction de la composition et la microstructure du film. L'effet du dopage avec Ge sur  $Mg_2Si_{0.35}Sn_{0.65}$  de type p a été discuté en détails. Les couches minces  $Mg_2Ge$  et  $Mg_2Ge_{1-x}Sn_x$  ont été synthétisées pour explorer le rôle de la substitution de Ge dans le transport électronique et les propriétés thermoélectriques de ces composés. Enfin, la stabilité thermique des films a été étudiée après recuit sous vide ( $10^{-4}$  Pa) à des températures allant de l'ambiante jusqu'à  $600\text{ }^\circ\text{C}$ .

## Abstract (in English):

Thermoelectric materials have drawn global interest, according to their ability to convert directly thermal to electrical energy, thus providing a clean and renewable supply of energy.  $Mg_2X$  ( $X = Si, Sn, Ge$ ) and their solid solutions attract more attention due to their thermal stability, low cost, non-toxicity, constituent abundance in the earth's crust, low density and their potential for providing both n and p-type conduction in a moderate temperature range of applications. Most of the studies focused on these materials are limited to n-type and as a bulk, while for developing a good thermoelectric generator both n- and p-type materials are required. Furthermore, thin film materials are required to reduce the size of current thermoelectric devices in order to address them in miniaturized applications like Micro Electro-Mechanical Systems and Internet of Things. This thesis aims at developing and improving thermoelectric performances of p-type Mg-based by employing different strategies, including thin films synthesis, magnesium deficiency, doping, and solid solutions. In this work, thin films were deposited by magnetron sputtering and the role of chemical composition and structural modification on their electronic transport and thermoelectric properties were investigated. The influence of Cu-doping on stoichiometry and Mg-deficiency  $Mg_2Sn$  thin films were studied as a strategy to enhance thermoelectric performances in the  $Mg_2Sn$  system. Such thermoelectric performances of  $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ , were investigated as a function of the film composition and microstructure. The effect of Ge-doping on p-type  $Mg_2Si_{0.35}Sn_{0.65}$  was discussed in detail.  $Mg_2Ge$  and  $Mg_2Ge_{1-x}Sn_x$  thin films were synthesized to explore the role of Ge substitution in electronic transport and thermoelectric properties of these compounds. Finally, the thermal stability of the films was studied after annealing in vacuum ( $10^{-4}$  Pa) at different temperatures from RT to  $600\text{ }^\circ\text{C}$ .