

## Résumé français.

Cette thèse explore le potentiel des composés de Heusler à base de  $\text{Co}_2\text{Mn}$  pour combler le fossé entre les applications magnoniques non linéaires et spintroniques, en mettant particulièrement l'accent sur le  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  demi-métallique. L'objectif global place ce travail au cœur des efforts de recherche de pointe visant à relever les défis sociétaux actuels liés à l'importance croissante de l'intelligence artificielle et à l'explosion de la demande en puissance de calcul et en approches informatiques non conventionnelles qui en résulte.

Le magnétisme, et plus particulièrement les sous-domaines de la magnonique et de la spintronique, offre un potentiel clé pour l'informatique non conventionnelle. En effet, la non-linéarité intrinsèque de la dynamique de l'aimantation ouvre de vastes possibilités pour la mise au point de dispositifs dépassant naturellement les capacités de la technologie CMOS conventionnelle. La recherche en magnonique est centrée sur les ondes de spin, qui sont des excitations collectives d'un système magnétique ordonné, et sur leur application au transport et au traitement de l'information. Les applications spintroniques utilisent le transport d'électrons dépendant du spin sous forme de courants de spin (polarisés) et son interaction avec l'aimantation d'un matériau.

Récemment, des sous-communautés dans ces deux domaines se sont de plus en plus orientées vers l'exploitation de la non-linéarité intrinsèque, notamment dans le sens de la dynamique non linéaire des ondes de spin en magnonique et de la dynamique non linéaire de l'aimantation induite par des courants de spin (polarisés) dans les oscillateurs spintroniques. Les progrès réalisés dans ces deux domaines sont très prometteurs pour les approches de calcul neuromorphique. Naturellement, ces deux domaines s'entremêlent de plus en plus et de nombreuses avancées prometteuses et dispositifs préliminaires visent à combiner « le meilleur des deux mondes ». Cette demande de combinaison s'accompagne naturellement de quelques défis et questions ouvertes à résoudre. Notamment, le concept de polarisation de spin et ses implications en combinaison avec le transport de spin magnonique devient de plus en plus important pour la recherche à l'intersection des deux domaines, une question ouverte qui est particulièrement d'actualité compte tenu de l'intérêt croissant récent pour la polarisation de spin dans l'altéromagnétisme et ses implications fondamentales.

Les demi-métaux, matériaux magnétiques qui présentent une polarisation de spin totale liée à leur structure de bande particulière, constituent un système modèle idéal, intrinsèquement situé à l'intersection de la magnonique et de la spintronique. En particulier, le composé de Heusler  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  offre un grand potentiel pour des applications non linéaires combinant des paramètres clés souhaitables avec une polarisation de spin de 100% prouvée expérimentalement, ainsi qu'une aimantation à saturation élevée et un amortissement magnétique record-bas pour les films métalliques. Cependant, si des recherches ont été menées dans le domaine de la spintronique, celles portant sur la magnonique sont encore rares.

Dans ce contexte, cette thèse est consacrée à l'évaluation de l'adéquation du composé de Heusler demi-métallique  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  pour une exploitation dans des applications magnoniques et spintroniques non linéaires. À cette fin, plusieurs aspects clés sont abordés, qui aboutissent à quelques conclusions majeures :

- Des puissances de seuil non-linéaires les plus basses jamais reportées sont obtenues dans un dispositif  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  de taille microscopique avec une demi-métallicité vérifiée expérimentalement.
- Une signature significative du décalage de fréquence non-linéaire auto-induit est observée et peut permettre un comportement d'auto-amélioration/auto-limitation sélectif en fréquence, très recherché dans les circuits neuromorphiques.
- La fabrication des dispositifs sans défaut préservant un ordre  $L2_1$  parfait a été réalisée, démontrant la réussite de la structuration jusqu'aux plus petites tailles prévues de  $w \approx 50$  nm de largeur de guide d'onde.
- Une anisotropie cubique significative a été déterminée, définissant non seulement les plages d'instabilité non-linéaire, mais indiquant également un terme d'ordre deux significatif avec une empreinte particulière sur les caractéristiques attendues des ondes de spin.

Grâce à ces découvertes majeures, la thèse consolide le potentiel du composé demi-métallique Heusler  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  en tant que système modèle, même à l'échelle nanoscopique. De plus, les résultats ouvrent la voie à une exploitation future dans des applications hybrides magnoniques et spintroniques, et esquissent plusieurs perspectives prometteuses pour les travaux futurs dans ce nouveau domaine de la magnonique demi-métallique.