

# THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641  
*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*  
Spécialité : *Génie Électrique*

Par

**Ming YIN**

**«Topology Optimization of Magnetic Gears  
based on Reluctance Network Modeling»**

Thèse présentée et soutenue à Saint-Nazaire, le 13/06/2025

Unité de recherche : Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique (IREENA)

## Rapporteurs avant soutenance :

Frédéric MESSINE      Professeur des Universités, Toulouse INP ENSEEIHT, LAPLACE  
Jean-Philippe LECOINTE      Professeur des Universités, Université d'Artois, LSEE

## Composition du Jury :

*Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse*

Examineurs :	Frédéric GILLON Stéphane VIVIER	Professeur des Universités, École Centrale de Lille, L2EP Maître de Conférences HdR, Université de Technologie de Compiègne, ROBERVAL
Dir. de thèse :	Didier TRICHET	Professeur des Universités, Nantes Université, IREENA
Encadrant de thèse :	Nicolas BRACIKOWSKI Antoine PIERQUIN	Maître de Conférences, Nantes Université, IREENA Maître de Conférences, Nantes Université, IREENA

## Invité(s) :

Mohammed NAÏDJATE      Post-Doctorant, École Polytechnique de Montréal

---

**Titre :** Optimisation Topologique des Engrenages Magnétiques basée sur la Modélisation par Réseau de Réductance

**Mot clés :** Engrenage magnétique, Analyse du réseau de reluctance, Optimisation topologique, Méthode de densité, Méthode des variables adjointes

**Résumé :**

Le monde se tourne vers les énergies renouvelables pour lutter contre le changement climatique, et l'énergie éolienne devient de plus en plus importante. Les boîtes de vitesses mécaniques, essentielles dans les systèmes de transmission, subissent souvent la fatigue des matériaux et nécessitent un entretien régulier, ce qui est coûteux pour les éoliennes offshore. Les engrenages magnétiques transmettent le couple sans contact direct, offrant une alternative aux boîtes de vitesses mécaniques. Cependant, leur den-

sité de couple est limitée et les méthodes de conception traditionnelles n'apportent que de faibles améliorations. Cette thèse présente une méthode avancée d'optimisation topologique pour concevoir des engrenages magnétiques, utilisée dans des domaines comme la fabrication additive, l'aérospatiale et l'automobile. Nous avons développé un nouveau cadre d'optimisation basé sur l'analyse du réseau de reluctance, qui sera testé sur un problème de référence puis appliqué aux engrenages magnétiques. Les résultats optimisés seront analysés dans cette thèse.

---

**Title:** Topology Optimization of Magnetic Gears based on Reluctance Network Modeling

**Keywords:** Magnetic Gear, Reluctance Network Analysis, Topology Optimization, Density Method, Adjoint Variable Method

**Abstract:**

As the world shifts toward renewable energy to combat climate change, wind power is becoming increasingly important. Mechanical gearboxes, which are key parts of the transmission system, often face material fatigue and need regular maintenance. This is especially challenging and costly for offshore wind turbines located in remote areas. Magnetic gears transmit torque without direct contact, making them a promising alternative to traditional mechanical gearboxes. However, they are still in the pre-commercial stage, and one of their main challenges is lim-

ited torque density. Traditional parametric design methods achieve only very limited performance improvements. In this thesis, we introduce an advanced topology optimization approach for designing magnetic gears, which is widely used in fields like additive manufacturing, aerospace, and automotive engineering. In exploring non-finite element-based topology optimization methods, we developed a new framework based on the reluctance network analysis. This method will first be verified on a benchmark problem, then applied to magnetic gears. The optimized results will be evaluated and analyzed in this thesis.