



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

11 juillet 2018 – comité de suivi

TÂCHE 3 :

Solutions exploratoires pour machines électriques : Matériaux, Design et Intégration



Solutions exploratoires pour machines électriques : Matériaux, Design et Intégration

Mohamed Ababsa

Caractérisations des Constituants des Machines Électriques
à Haute Températures

Racha Aydoun :

Conception d'une machine à réluctance variable
à flux axial et à tôles à grains orientés

Hossam AlGhossini

Smart Coils



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

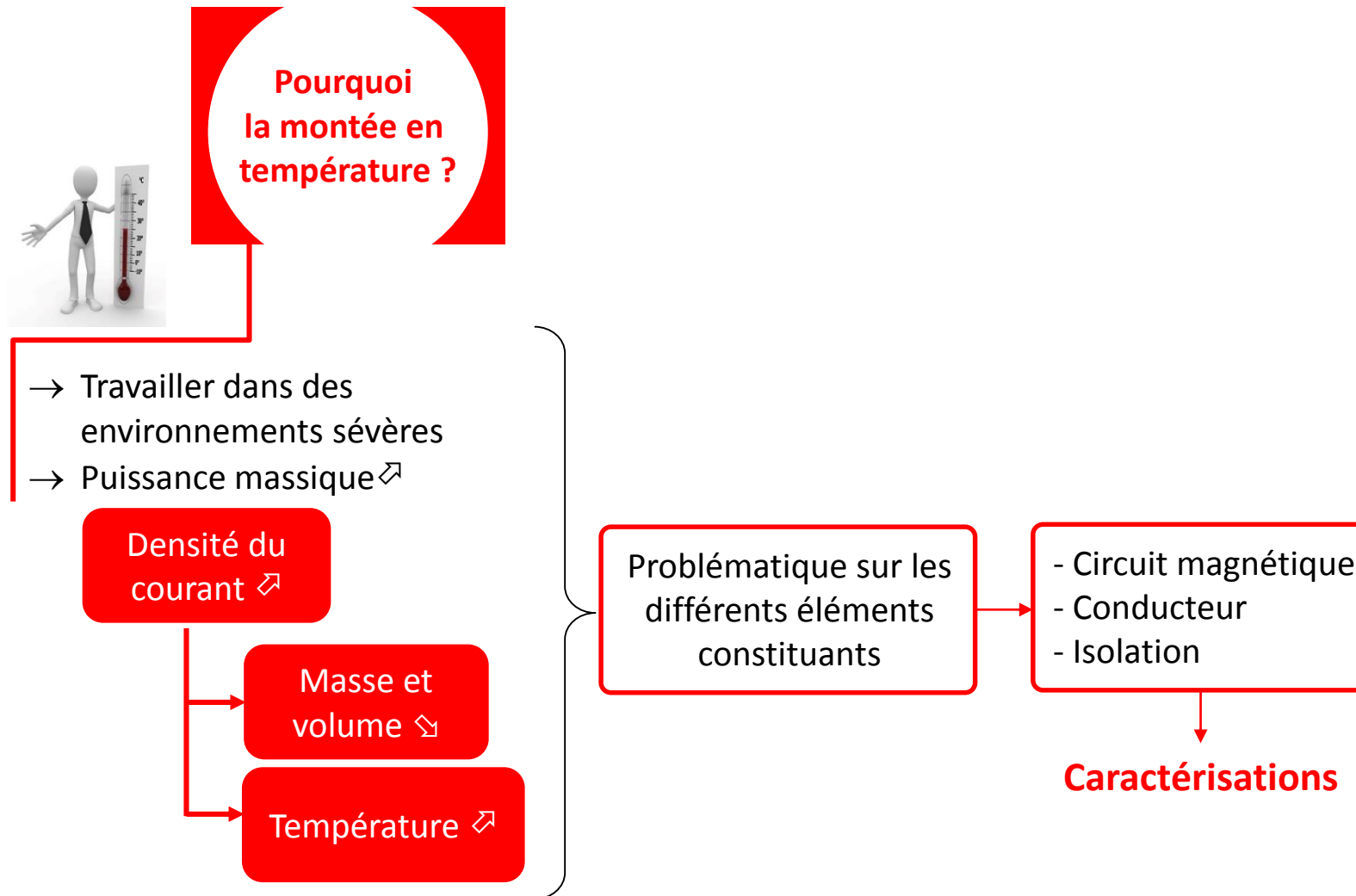
11 juillet 2018 – comité de suivi

Caractérisations des Constituants des Machines Électriques à Hautes Températures

Mr. Mohamed Lamine ABABSA

mohamedlamine_ababsa@ens.univ-artois.fr





Problématiques

- Identifier un matériau fiable à HT°
- Mesurer les propriétés magnétiques



Quel dispositif pour caractériser les matériaux magnétiques dans des conditions de température élevées ?

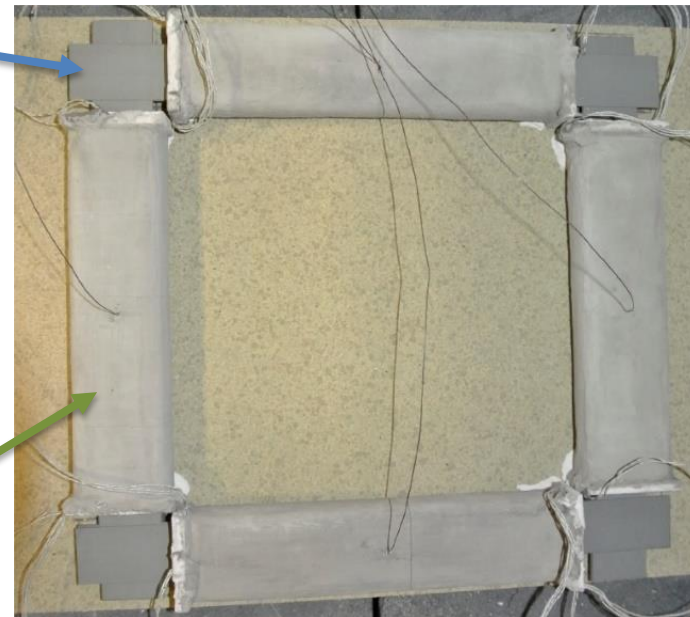
Cadre Epstein adapté aux hautes températures

Tôles ferromagnétiques

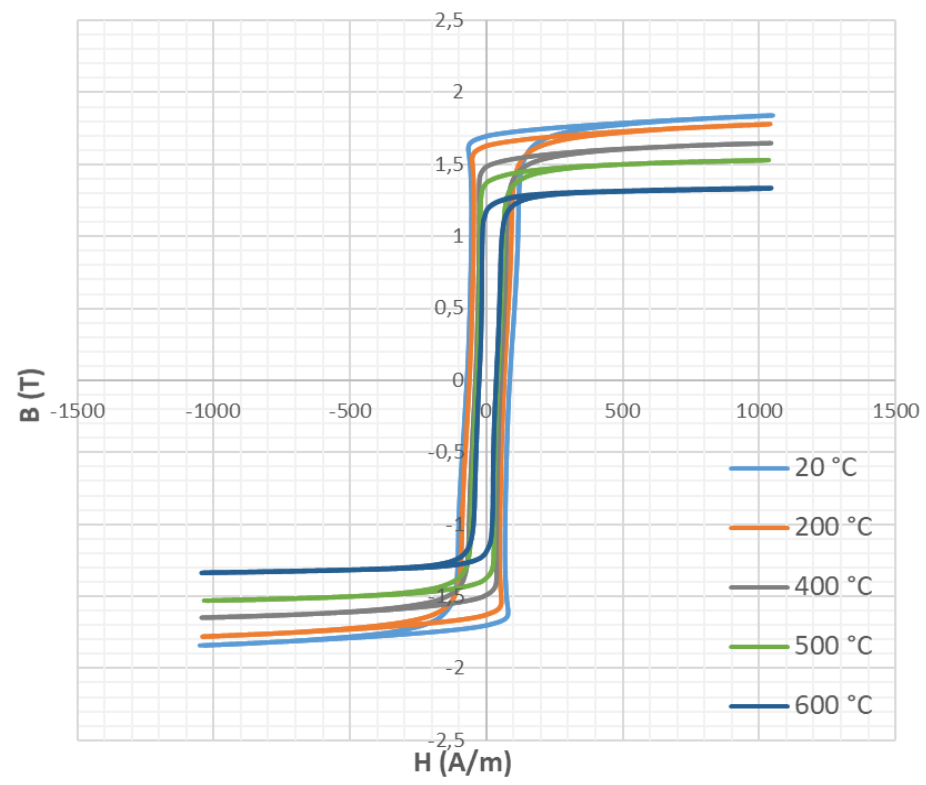
Bobines haute température intégrant secondaire et primaire



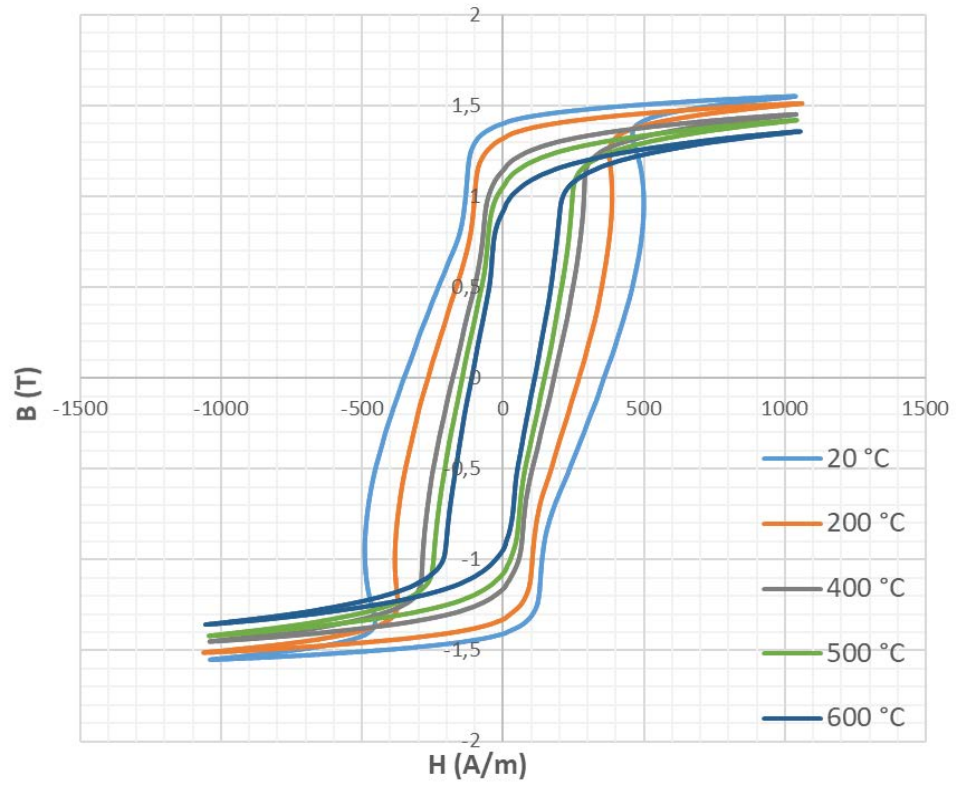
Bobine Haute température



Cycles obtenus pour différentes températures avec le cadre céramique



FeSi GO

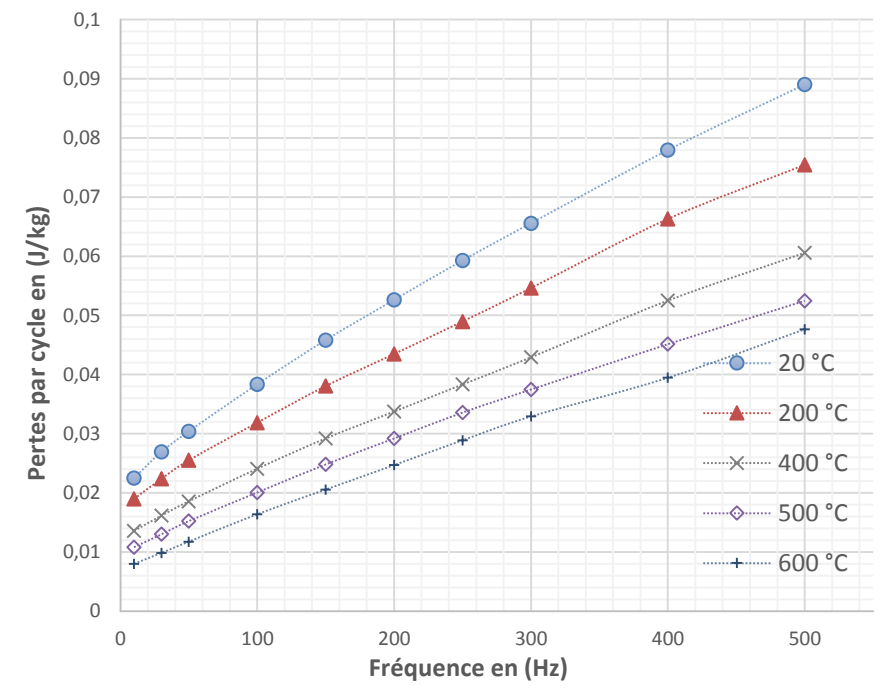
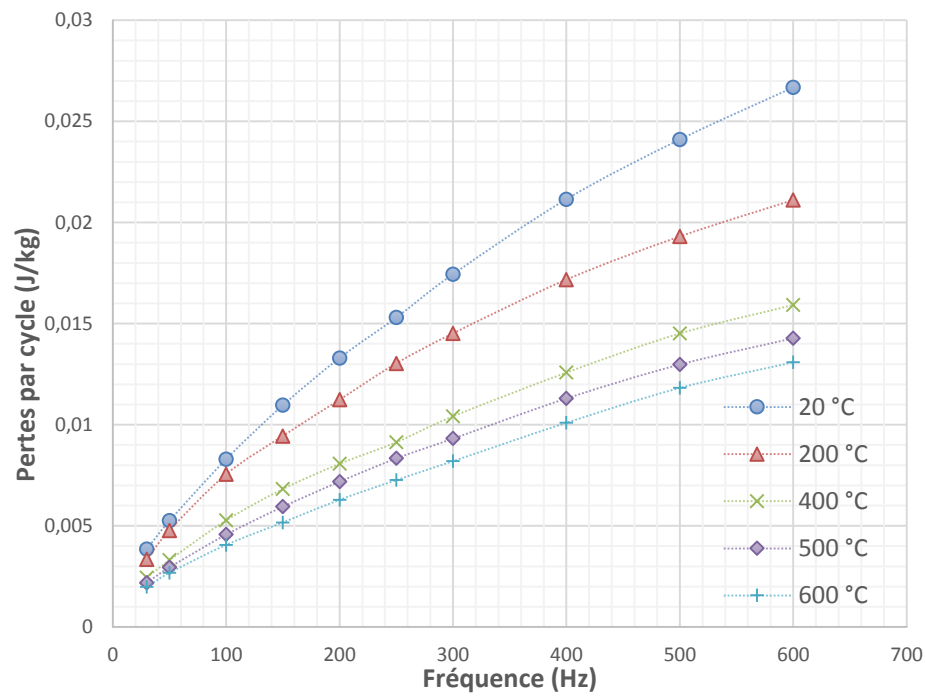


FeSi NO

Température ↗ = Hc, Br, Bsat ↘



Pertes par cycle en fonction de la fréquence pour différentes températures



FeSi GO

Température ↗ = P_{fer} ↘

FeSi NO

Bertotti

$$\frac{P_{tot}}{f} \approx k_1 B_{max}^2 + k_2 B_{max}^2 f + k_3 B_{max}^2 \sqrt{f}$$

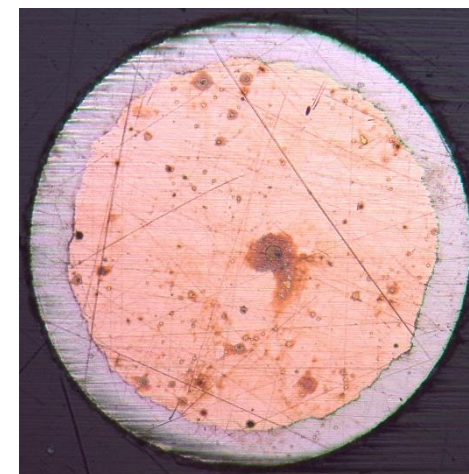
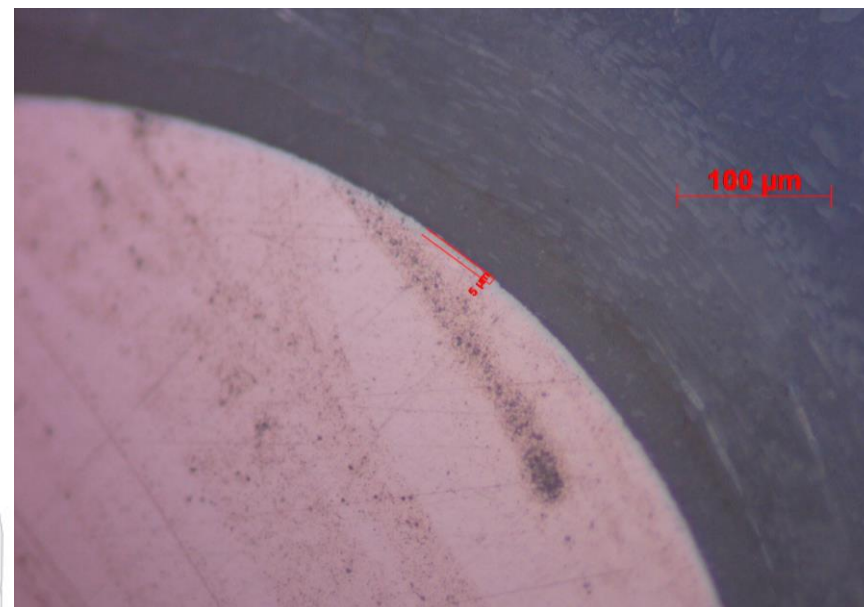


Conducteur CuNi

- ❖ Le cuivre s'oxyde en température au dessus de 200°C
- ❖ L'une des solutions est l'utilisation de fils cuivre entouré par une couche de Nickel
- ❖ Le Nickel est ferromagnétique et peut canaliser les lignes de champ magnétique

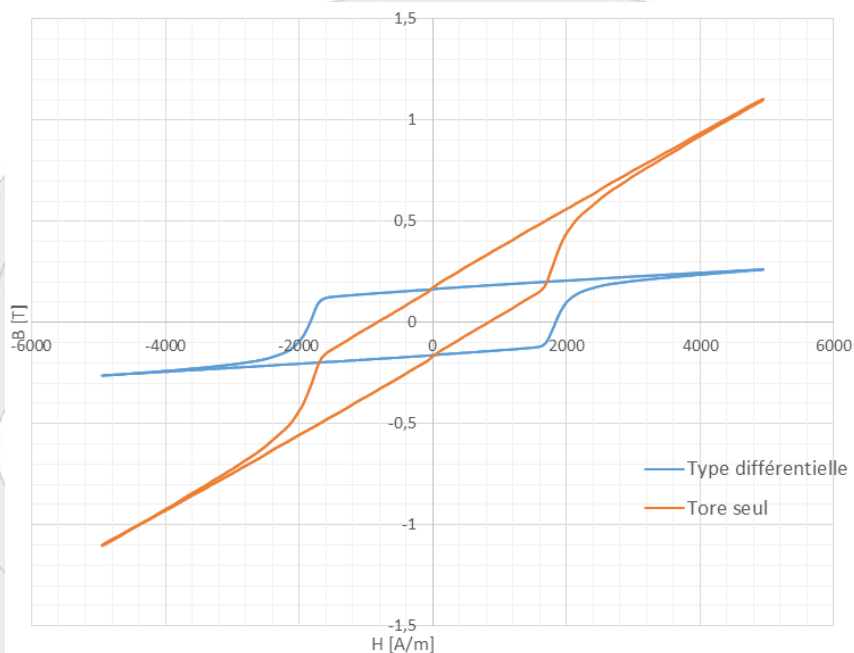
Problème

Quel est le comportement magnétique de la couche de Nickel ?

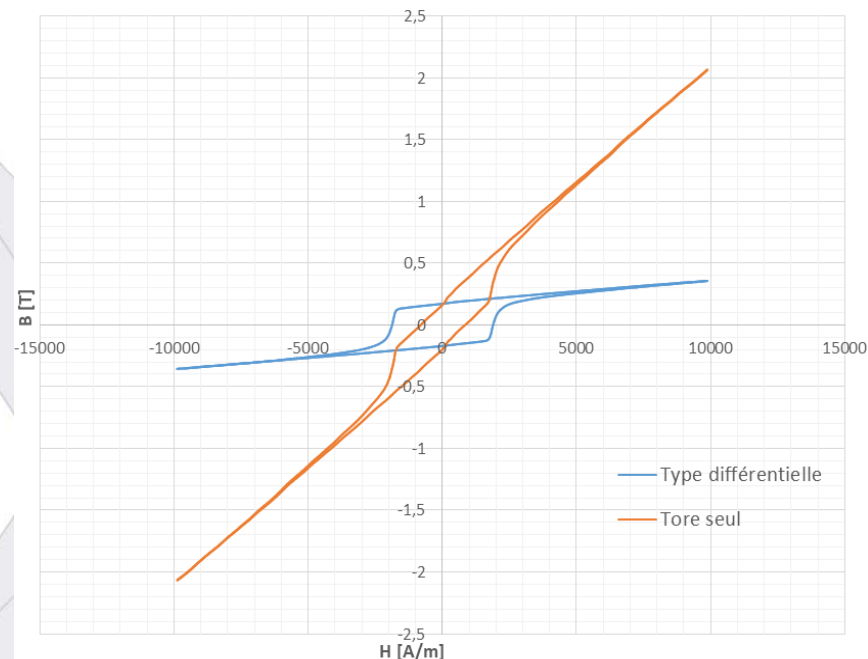


Relevé des cycles B(H) de la couche de Nickel

Hmax = 5000 A/m



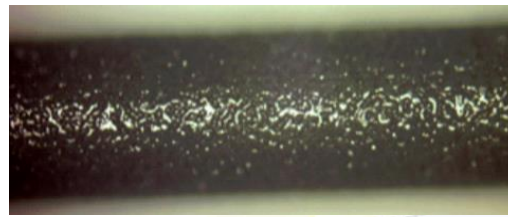
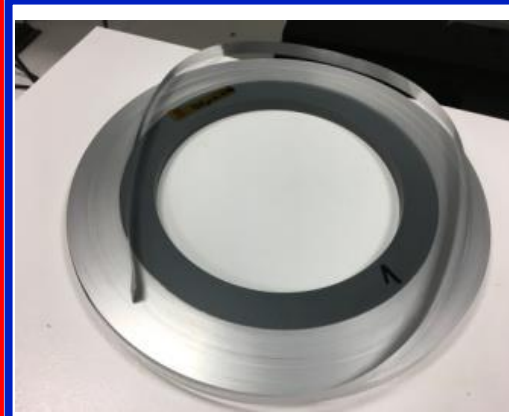
Hmax = 10 000 A/m



- Induction maximale de 0,34T
- Faible perméabilité relative inférieure à 100

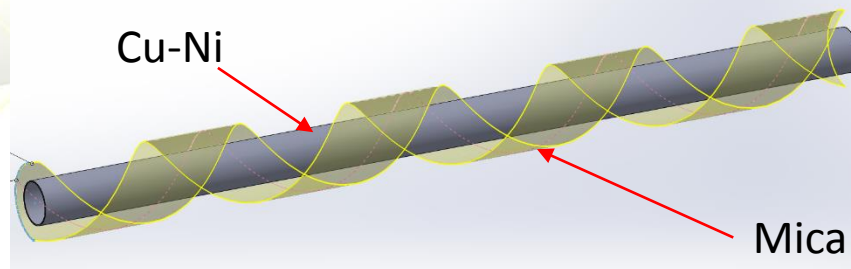
↳ l'influence de la couche de Nickel négligeable

Conducteur HT°



Thèse Cozonac 2015

Thèse Babicz 2016



Tension de décharge destructive

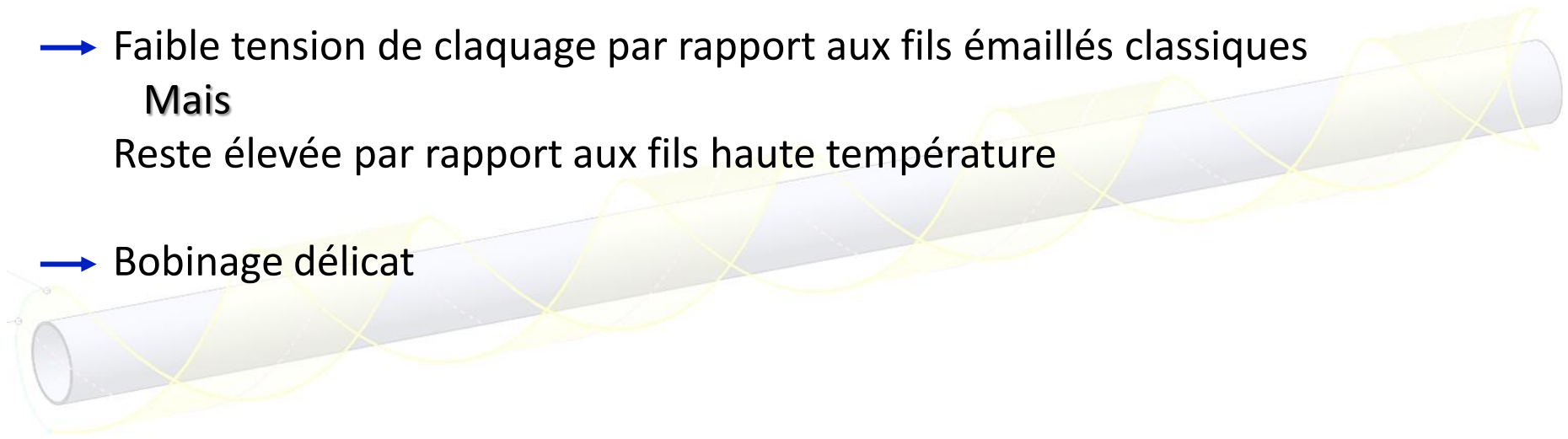
Tension de claquage	≈1500 V
---------------------	---------

→ Faible tension de claquage par rapport aux fils émaillés classiques

Mais

Reste élevée par rapport aux fils haute température

→ Bobinage délicat



Conclusion

- L'équation de Bertotti est adaptée pour des températures élevées
- L'influence du Nickel est non significative pour les CuNi
- L'isolation mica semble compatible avec la machine haute température

Perspectives

- Caractériser à haute température d'autres matériaux ferromagnétiques disponibles sur le marché en utilisant notre cadre Epstein (FeCo)
- Etude en température du comportement du fil CuNi
- Etude en température de l'isolation inorganique (mica)

Publications

- ❖ Participation à la conférence international de Dublin 2017 INTERMAG (IEEE MAGNETICS) 24-28 Avril 2017.

Papier conference "M. Ababsa, O. Ninet, and G. Velu, in Magnetics Conference (INTERMAG), 2017 IEEE International, 2017, p. 1"

- ❖ Participation à la conférence nationale des Jeunes Chercheurs en Génie Electrique JCGE 2017, ARRAS (France) 30, 31 mai et 1 juin 2017.

- ❖ Article IEEE Transactions on Magnetics

M. L. Ababsa, O. Ninet, G. Velu, and J. P. Lecoite, "High-Temperature Magnetic Characterization Using an Adapted Epstein Frame," IEEE Transaction on Magnetic, vol. 54, no. 6, pp. 1–6, 2018.



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

11 juillet 2018 – comité de suivi

Conception d'une machine à réluctance variable à flux axial et à tôles à grains orientés





- Thèse cofinancée par la région et l'université d'Artois
- Co-encadrement entre le **LSEE** et **L2EP**

« Conception d'une machine à réluctance variable à flux axial et à tôles à grains orientés »

Contexte :

- Intérêt pour la **MRV** présentant plusieurs **avantages** : facilité de fabrication, coût, absence d'aimant et bobinage au rotor, robustesse,...
- **Double** originalité:
 1. Machine à **flux axial** (peu conventionnelle)
 2. Utilisation des tôles à **grains orientés**

Verrous scientifiques :

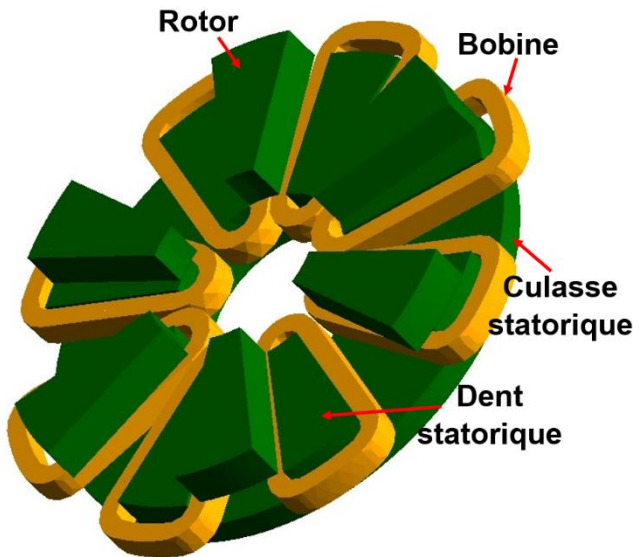
- Evaluer la viabilité des **tôles GO** pour des machines tournantes
- Modéliser des structures **anisotropes** et au comportement **non-linéaire**
- Améliorer les performances massiques pour une possible application automobile

- **Sujet et contexte**
- **Point sur les travaux réalisés**
- **Intégration des tôles à grains orientés (GO)**
 - Présentation du modèle 2D simplifié
 - Résultats numériques de l'investigation
- **Conclusion et perspectives**

Modélisation de la MRVFA
équivalente (+compacte)

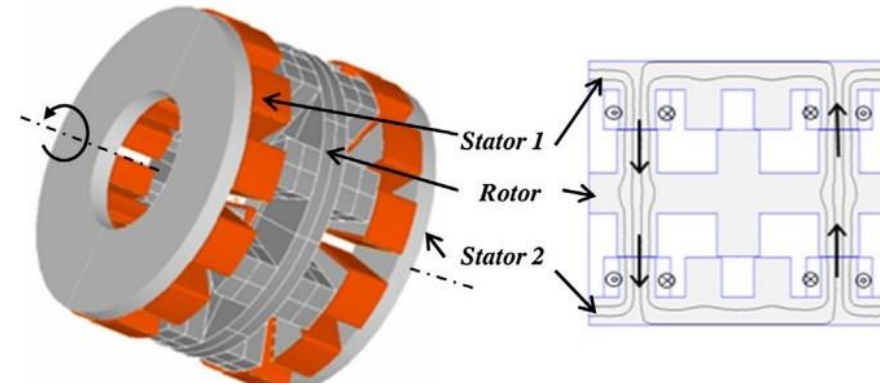
Etude détaillée de
l'influence de certains
paramètres sur les
performances de la
MRVFA

Intégration de tôles à
grains orientés dans la
MRVFA

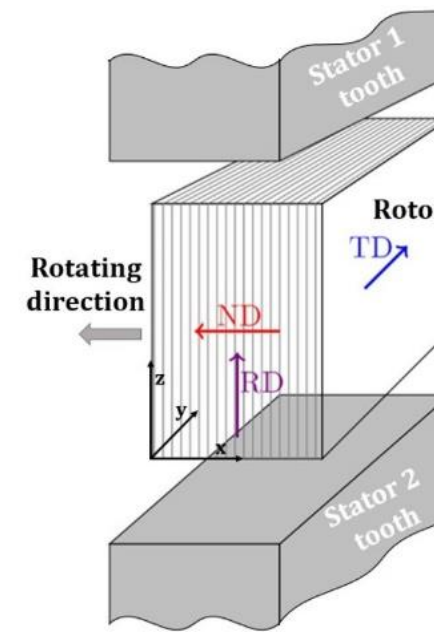
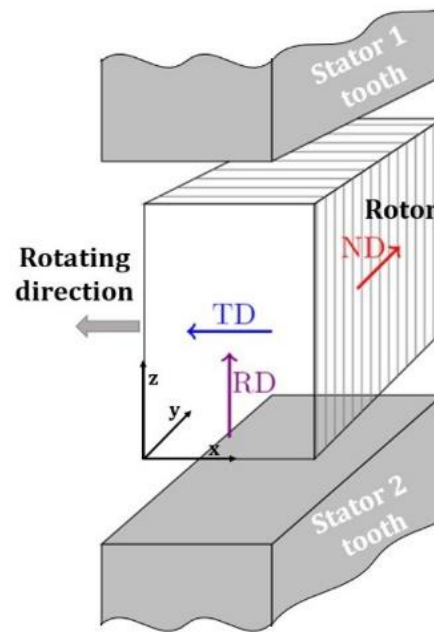


Contexte :

- Structure axiale à double saillance
- Deux chemins de flux possibles
 - 1) Reboucler par la culasse
 - 2) **Traverser la culasse**



Approprié pour l'utilisation du GO en exploitant les avantages liés à la direction de laminage (Rolling direction)



Difficultés liées aux tôles GO :

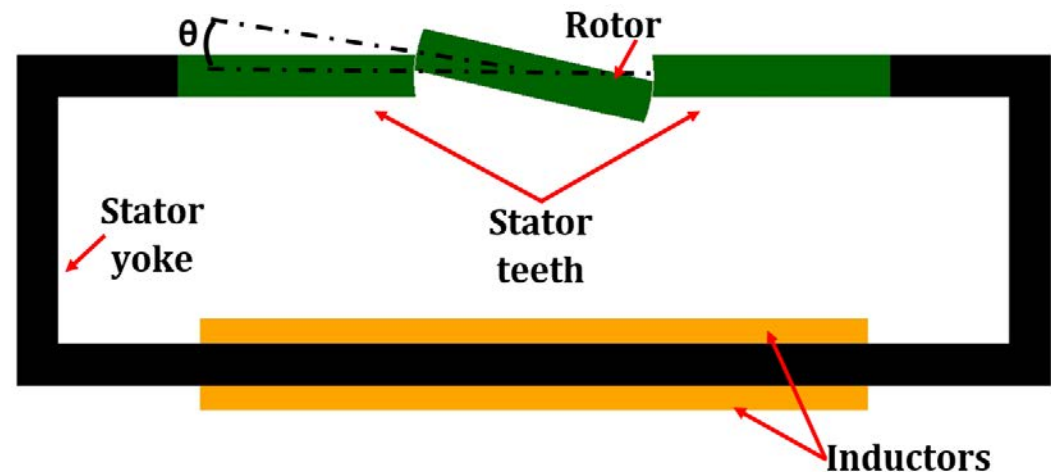
- Prise en compte de l'anisotropie dans une structure tournante
- Prise en compte de la non-linéarité dans un modèle complexe
- Problèmes de convergence et de temps de calculs



Intérêt du modèle :

Décrire et analyser les phénomènes se produisant autour de la dent de la machine 3D

- Simple et assez précis
- Prise en compte de la saillance et la rotation
- Gain de temps par rapport à la structure 3D complexe



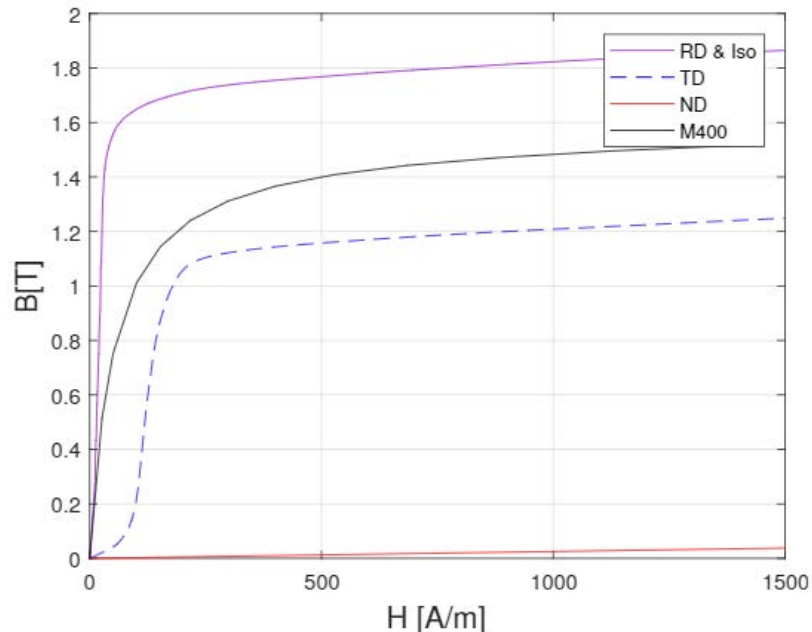
Caractéristiques du modèle :

- Culasse statorique avec une très haute perméabilité
- 2 dents statoriques
- 1 rotor

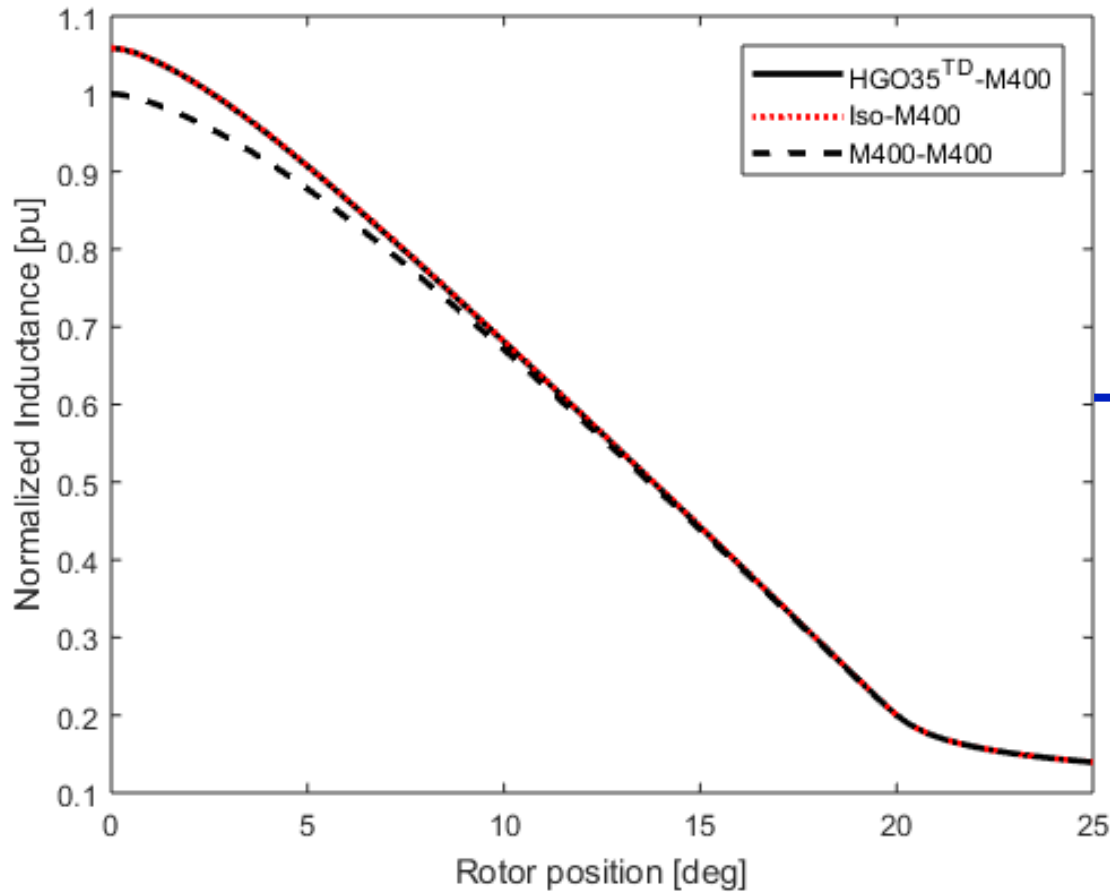
→ Investigation et analyse en introduisant différents types d'aciers électriques au niveau des dents statoriques et du rotor

Types de tôles étudiées :

- Isotrope à grains NO (M400)
- Anisotrope à grains orientés (HGO35)
- Isotrope avec la même caractéristique que HGO35 sans le caractère anisotrope
→ Matériau non existant avec une très haute perméabilité

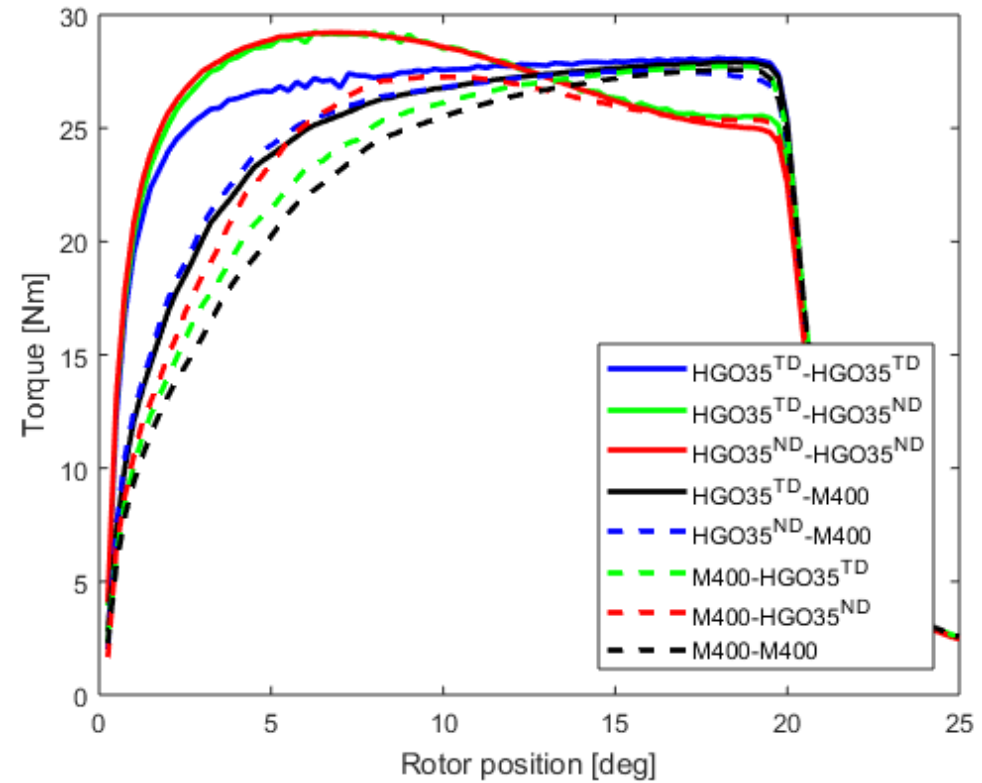
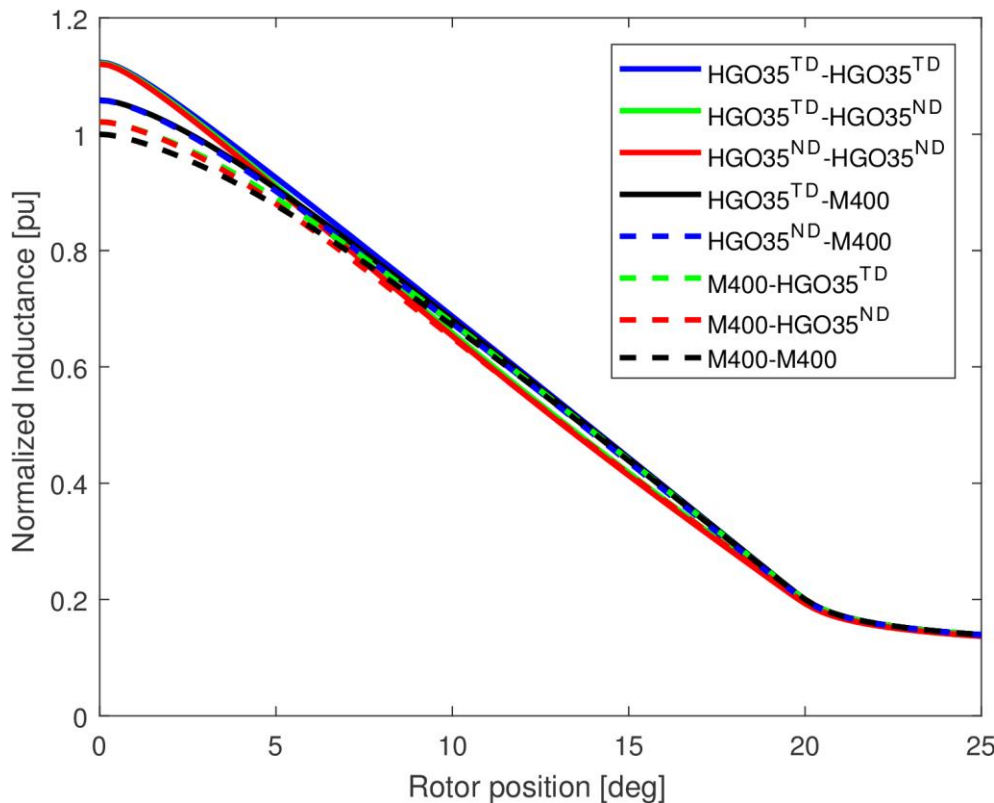


- Séparation de l'influence de l'anisotropie de la haute perméabilité
- Courbes du matériau anisotrope et isotrope de haute perméabilité superposées

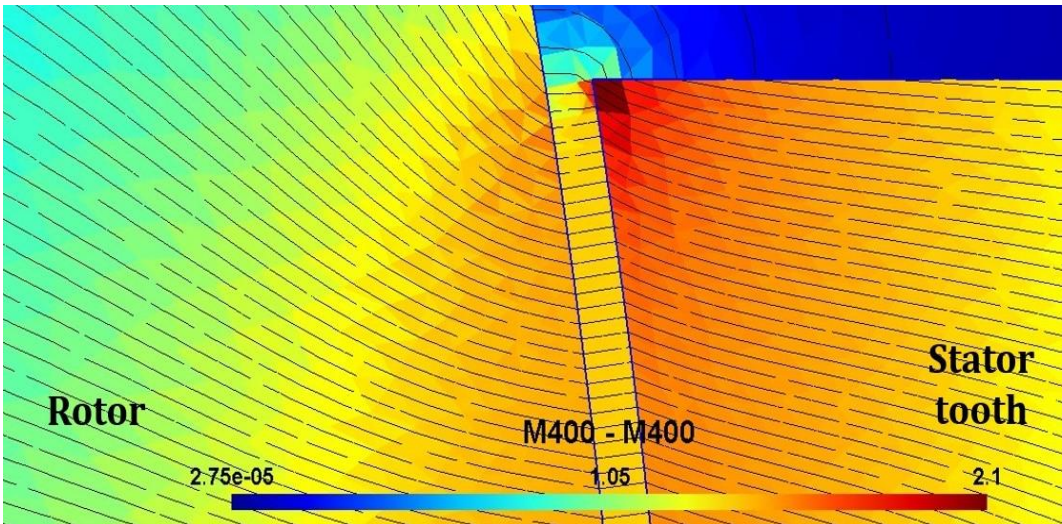


Seule la haute perméabilité influence la pente de l'inductance

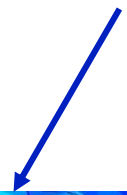
- Multiples configurations prises en compte
- Gain de **14,4%** sur la valeur moyenne du couple statique par rapport au cas utilisant la tôle conventionnelle (anisotropie au stator et au rotor)



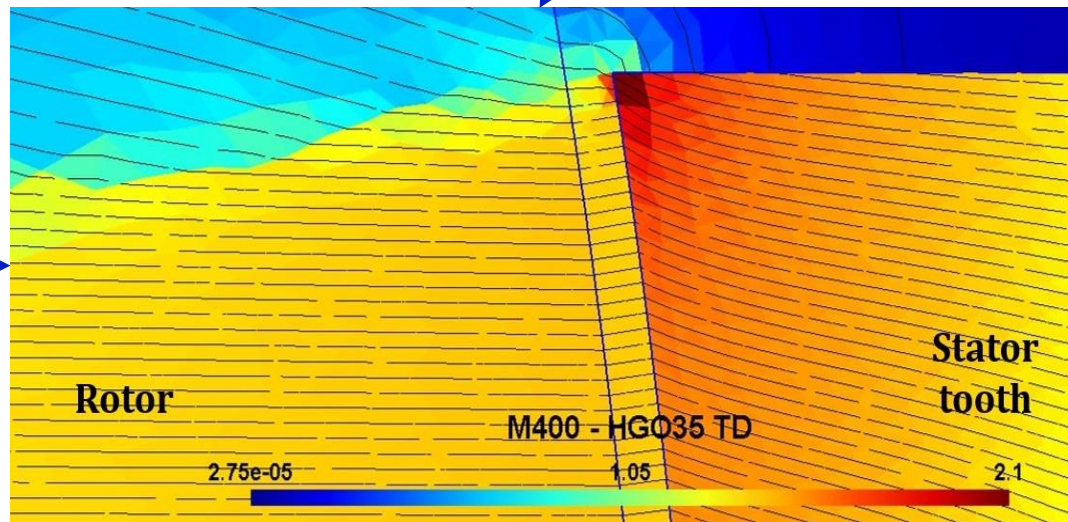
→ Investigation / comparaison locale des lignes de champs pour le cas NO et GO



Position rotorique à **12,5°** entre l'alignement et l'opposition



Effet de l'**anisotropie** sur les lignes de champ



Bilan et perspectives :

- Dimensionnement d'une **MRVFA équivalente** → **+ compacte** et un couple statique développé plus important par rapport à la machine radiale
- Modèle **2D simplifié** → Analyse locale des phénomènes + conclure sur le modèle 3D
- Seule la haute perméabilité a une influence sur la pente d'inductance

→ Réflexion sur l'intégration des tôles GO au niveau du stator dans la structure 3D

Conférences et communications:

- « **Investigating the use of grain-oriented electrical steel in axial flux switched reluctance machines** » Racha AYDOUN, Guillaume PARENT, Jean-Philippe LECOINTE and Abdelmounaïm TOUNZI. EPNC 2018 In Arras (International conference)
- « **Comparaison des performances de machines à réluctance variable 8/6 à flux radial et axial** » Racha AYDOUN, Guillaume PARENT, Abdelmounaïm TOUNZI et Jean-Philippe LECOINTE. Conférence SGE 2018 à Nancy (Conférence nationale)