



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

Comité de suivi 29 01 2019 : Des prototypes VIRTUELS au prototype réel MI1-CE2I

Des Prototypes VIRTUELS au prototype réel MI1-CE2I

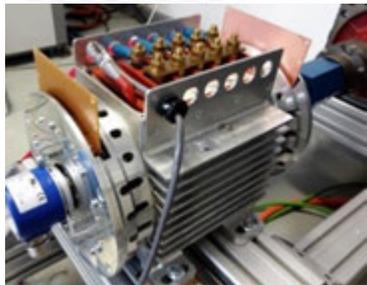
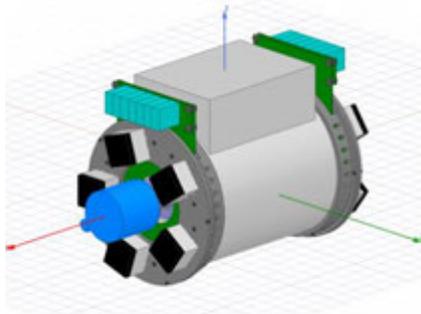
Hailong Wu, Eric Semail, Ngac Ky Nguyen



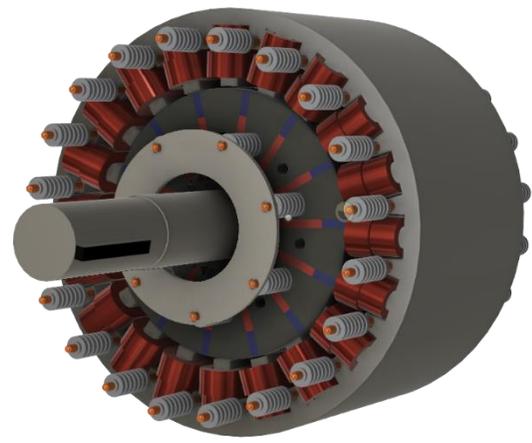
1. Objectifs de la présentation



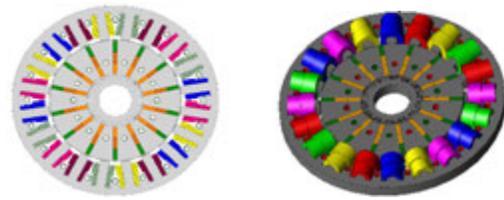
- 1) Points sur les prototypes Virtuels
- 2) Fabrication du Prototype réel MI1-CE2I



MHYGALE+Onduleur



MI1-CE2I Virtuel



Condenseur de Caloduc Stator
Tolère 895W de pertes Cuivre
160°C max/ 260°C

Vers MI1-CE2I réel



2. Prototypes Virtuels MI1-CE2I



1>Prototypes numériques « Matlab/Simulink » (analytique Semi-analytique MIS)

- ✓ Définition: à constantes localisées avec paramètres électriques: résistances, inductances, fem pour machine et pour onduleur
- ✓ Usage:
 - élaborations des lois de Contrôle-Commande optimisées aux valeurs moyennes ou instantanées (MLI onduleur) en mode normal ou dégradé avec ou sans capteur
 - Cartographie Couple/Vitesse avec rendements (Pertes Cuivre)
 - Détermination des paramètres: analytiques ou Eléments finis (inductif et fem)
 - Couplage avec Modèle Thermique nodal SAME à opérer

2>Prototypes numériques Eléments Finis (Maxwell/ JMAG/CARMEL) machine SEULE

- ✓ Définition: à constantes réparties avec imposition des courants
- ✓ Usage:
 - Comparaison avec Proto Matlab/Simulink pour Couple moyen
 - Evaluation des pertes: Cuivre, Fer, Aimants... couple pulsatoire
 - Cartographie Couple/Vitesse/Rendement ... sous contraintes Tension à vérifier
 - Examen de phénomènes locaux en mode normal/dégradé: démagnétisation, Court-circuit magnétique, Effets de peau/ de proximité (MLI)...phénomènes potentiellement destructifs
 - Evaluation des paramètres pour modèles constantes localisées

3>Prototypes numériques Eléments Finis (Maxwell) avec Co-simulation Contrôle/Commande Matlab/Simulink

✓ Usage:

- Détermination « automatique » des tensions d'alimentation pour courants de références
- Etude des régime transitoires

4>Prototypes numériques Eléments Finis (JMAG) avec Co-simulation Thermique

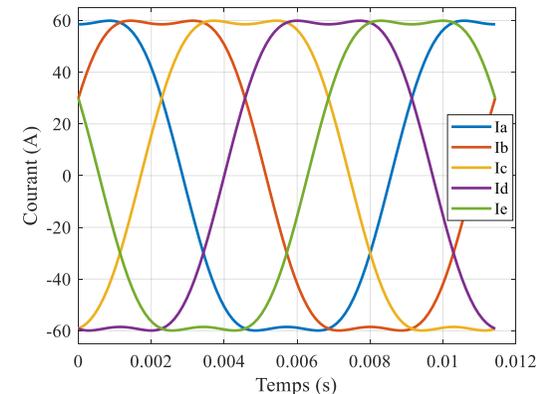
✓ Usage:

- Evolution des caractéristiques en tenant compte interaction Magnétique/Mécanique/Thermique

Impact du modèle de tôle sur les performances sous différents logiciels numériques

• **Conditions des tests:**

- Courant imposé: 60A crête (H1+H3);
- Vitesse imposée: 750rpm;
- Température: 100° C;
- Tôle similaire modélisée sous JMAG et MAXWELL

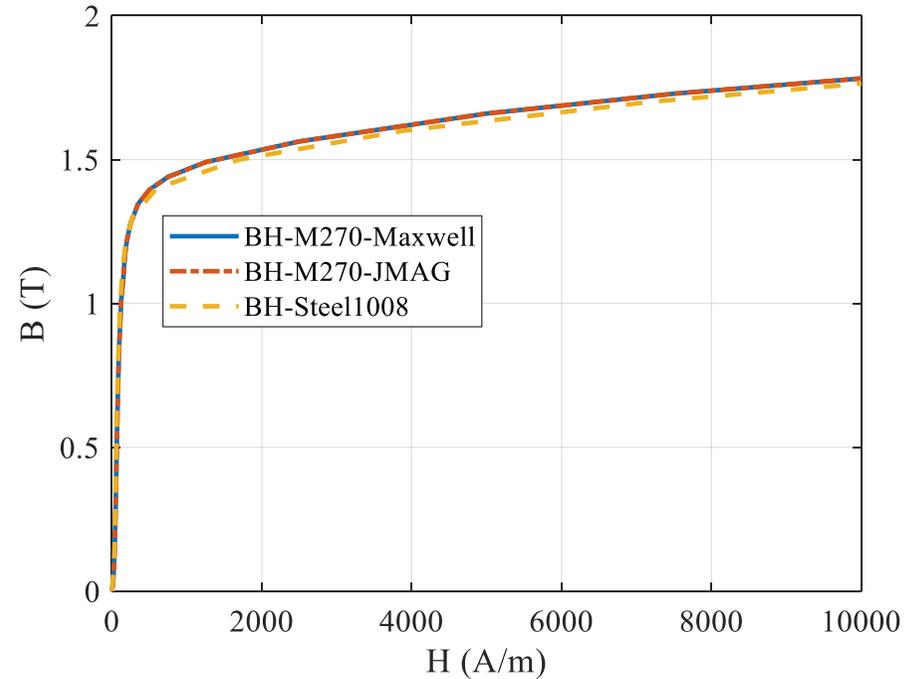
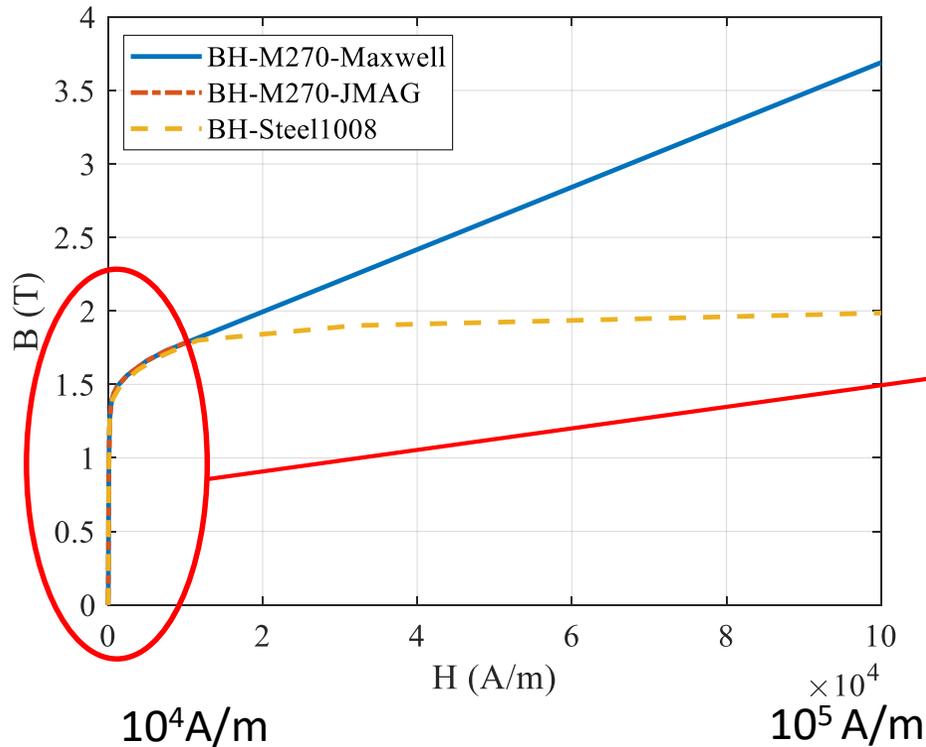


	JMAG	MAXWELL		Carmel
Tôle	M270	M270	Steel 1008	Steel 1008
Couple (Nm)	54.3	46.6	53.3	61

Couple moyen (Nm) **53.8**

Erreur relative 13% (le pire)

Impact du modèle de tôle sur les performances sous différents logiciels numériques



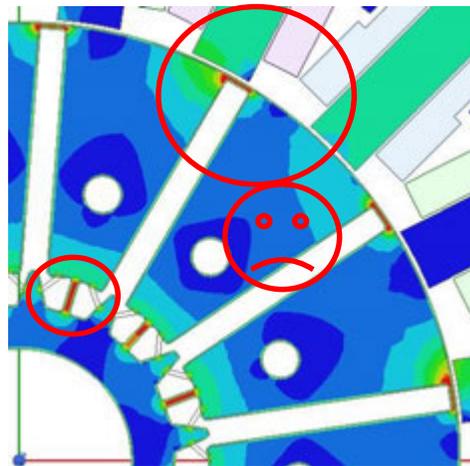
Modèles identiques pour $H < 10^4$

Impact du modèle de tôle sur les performances sous différents logiciels numériques

B(T)

(Maxwell)

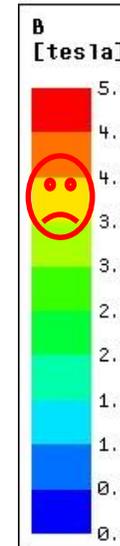
« Sur »
évaluation de B
au sein des ponts
ferromagnétiques
« court-circuit
magnétique »



M270



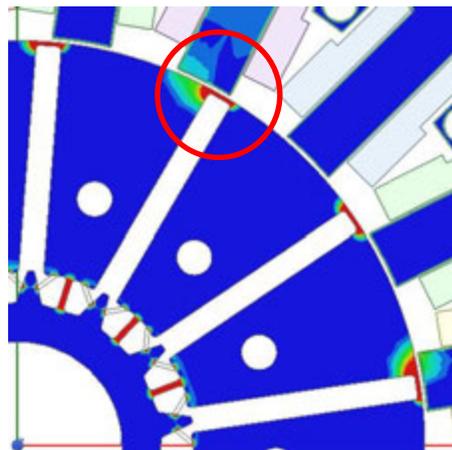
Steel 1008



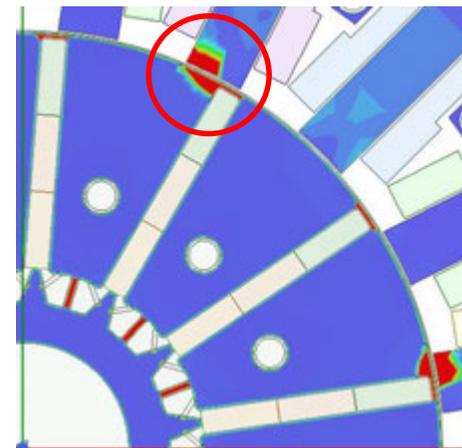
H(A/m)

(Maxwell)

SPECIFICITE DE
MACHINE avec
« COURT-
CIRCUIT »
MAGNETIQUE



M270



Steel 1008

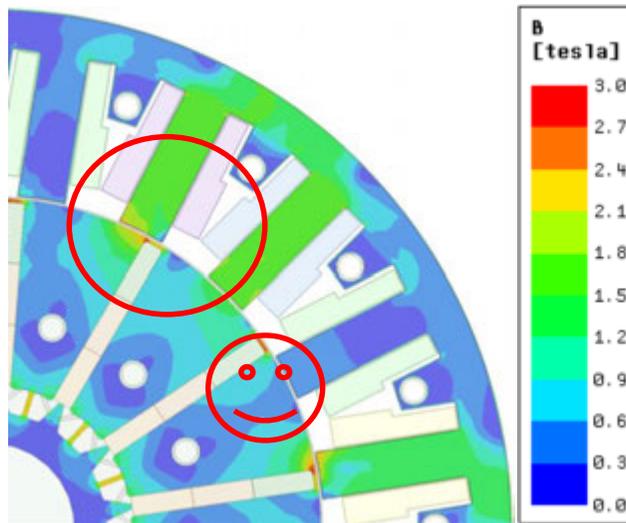


au travers des
« tôles »

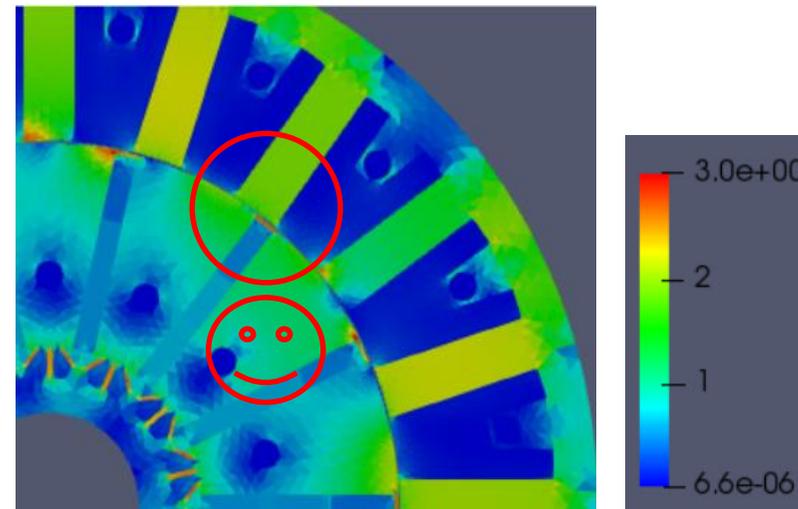
Impact du modèle de tôle sur les performances sous différents logiciels numériques

B(T)

Moindre « Sur »
évaluation de B
au sein des ponts
ferromagnétiques
« court-circuit
magnétique »



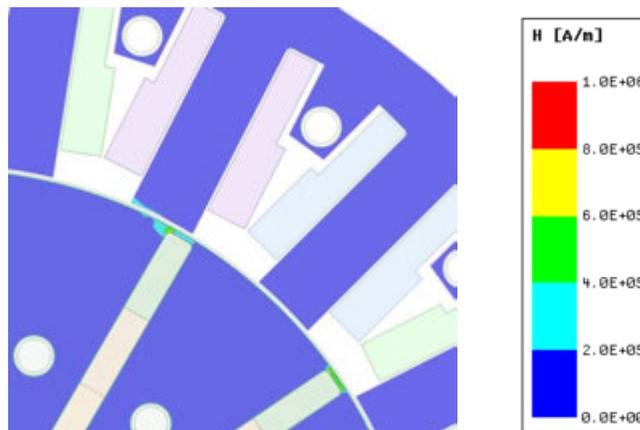
Steel 1008 (Maxwell)



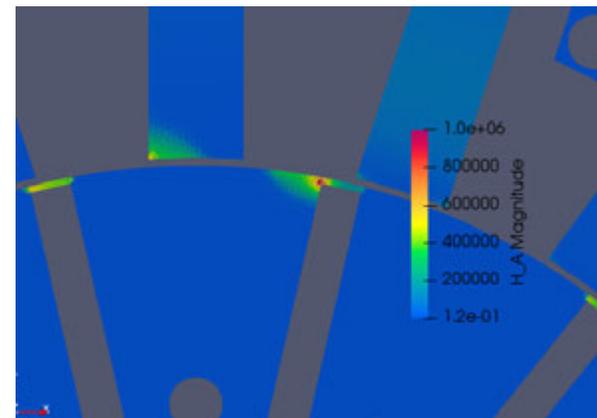
Steel 1008 (Carmel)

H(A/m)

SPECIFICITE DE
MACHINE avec
« COURT-
CIRCUIT »
MAGNETIQUE



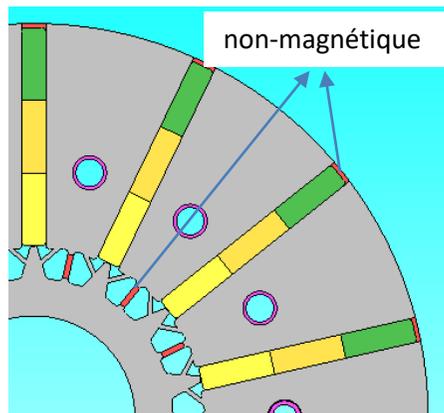
Steel 1008 (Maxwell)



Steel 1008 (Carmel)

au travers des
« tôles »

Impact du modèle de tôle sur les performances sous différents logiciels numériques



Rotor

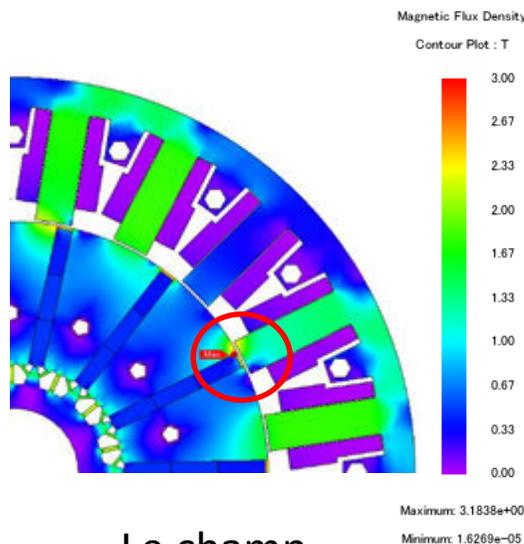
Logiciel: JMAG

Courant: 60A crête (H1+H3);

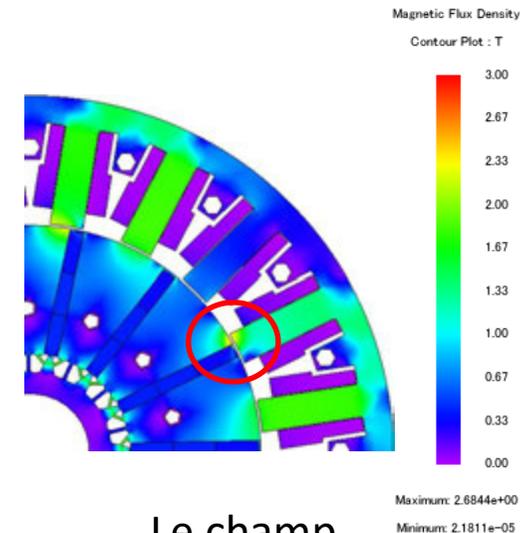
Vitesse: 750rpm;

Rotor: magnétique

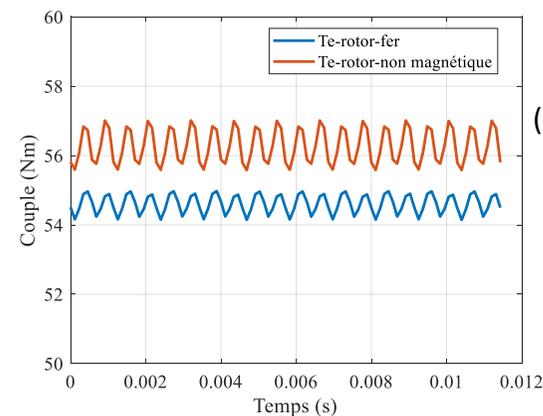
non-magnétique LOCALEMENT



Le champ
(rotor magnétique)



Le champ
(rotor non-magnétique localement)



56,2 Nm
(rotor non-magnétique)

3% ↑

54,6 Nm
(rotor magnétique)

- **Logiciels:**

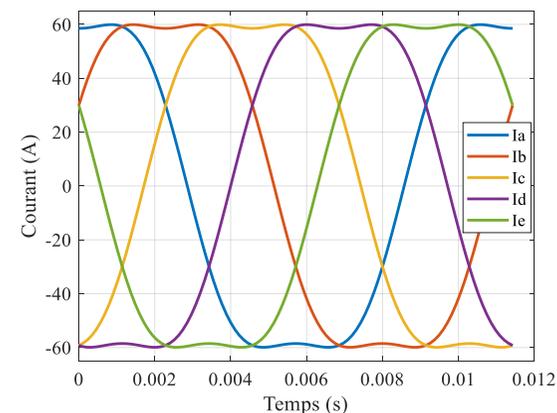
- JMAG;
- MAXWELL;
- Carmel

- **Pertes prises en compte:**

- Pertes Cuivre → Pertes Joule;
- Pertes dans les aimants → Pertes par courant de Foucault;
- Pertes Fer:
 - Pertes par Hystérésis;
 - Pertes par courant de Foucault;

- **Conditions des tests:**

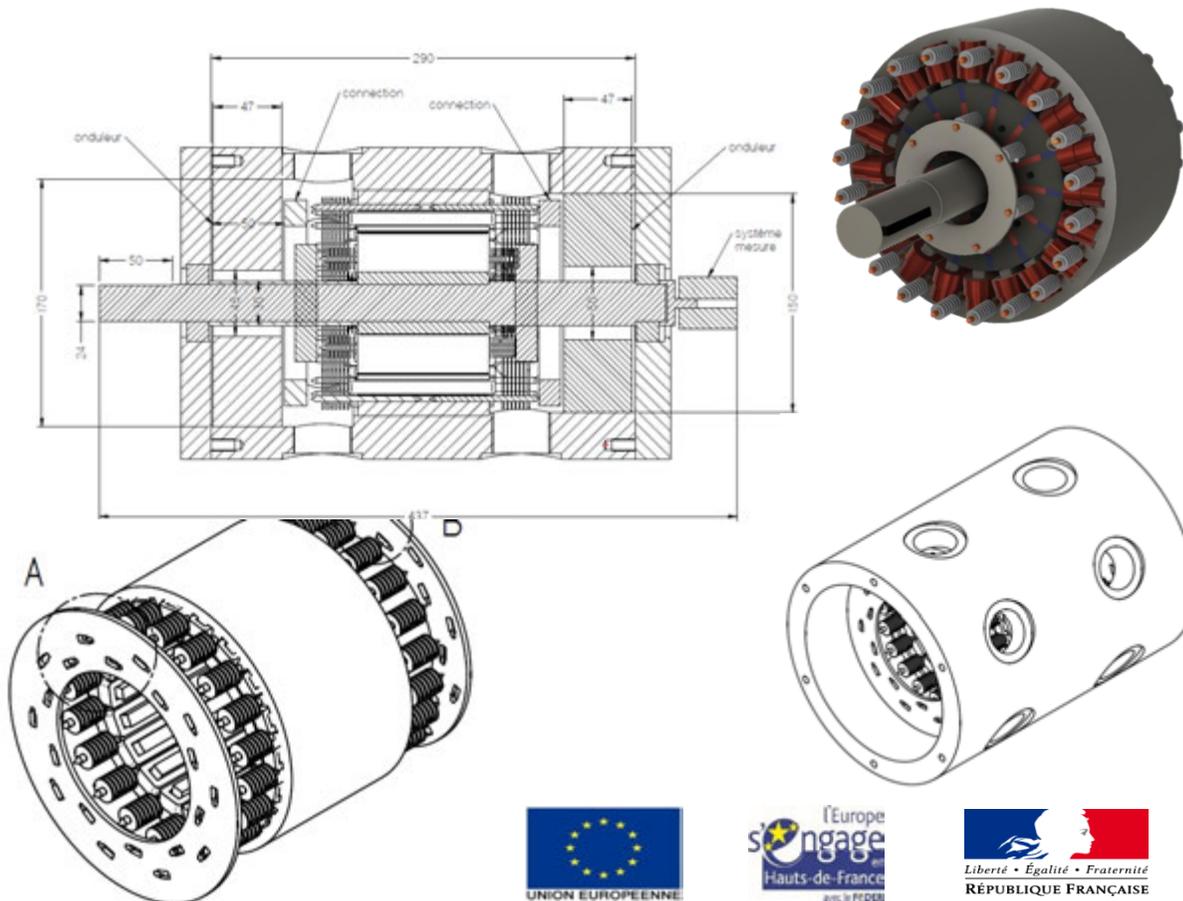
- Courant imposé: 60A crête (H1+H3);
- Vitesse imposée: 60rpm et 2400rpm;
- Température: 100° C;



Bilan énergétique en Eléments Finis:

	60rpm		2400rpm			
	JMAG	MAXWELL	JMAG (p_{cu})	JMAG	MAXWELL	Carmel
Puissance d'entrée	0,729 kW	0,695 kW	14,0 kW	14,2 kW	13,9 kW	16,0kW
Pertes Cuivre	383 W	359 W	383W	383 W	359 W	383W
Pertes Aimants	0,024 W	0,003 W	0	33 W	5 W	xx
Pertes Fer	2,4 W	2 W	0	157 W	136 W	331W
Pertes Totales	385 W	361 W	383W	573 W	500 W	714W
Couple	54.3 Nm	53.2Nm	54,3Nm	54.3Nm	53.3Nm	61Nm
Rendement	0,467	0,481	0,973	0,960	0,964	0,956
Chaleur (%)	xx	xx	xx	-3.81	-16.1	+19.9

3. Prototype Réel MI1-CE2I



De Juin 2019 à Janvier 2020

- Juin 2019:
 - Assemblage Tôles Stator/Caloduc OK
 - Validation implantation capteurs de température et à effet Hall/position
 - Finalisation après réception aimants ...finalisation possible prévue fin Juillet
 - Point en discussion: interfaçage amovible mécano-électrique entre bobinages et onduleur... en utilisant dispositifs industriels existant

Amovible? : Onduleur intégré non encore disponible et limitation des courants menant à faible sollicitation thermique machine....

FIN août: connectique industrielle Standard trop volumineuse...recherche autres solutions...sur mesure



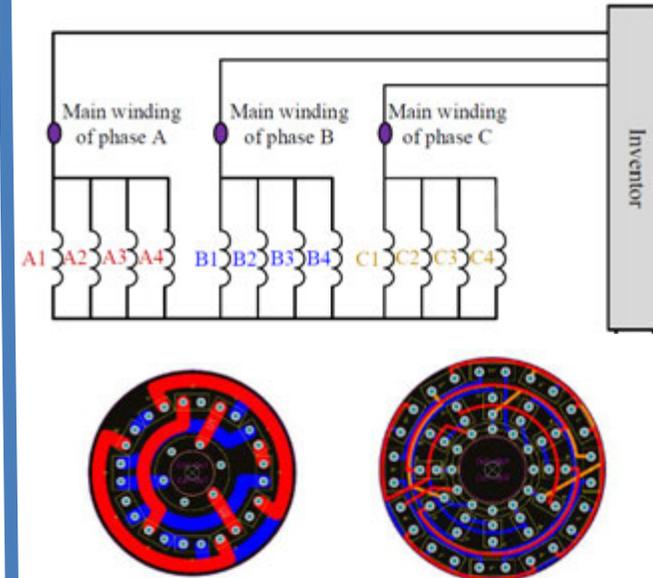
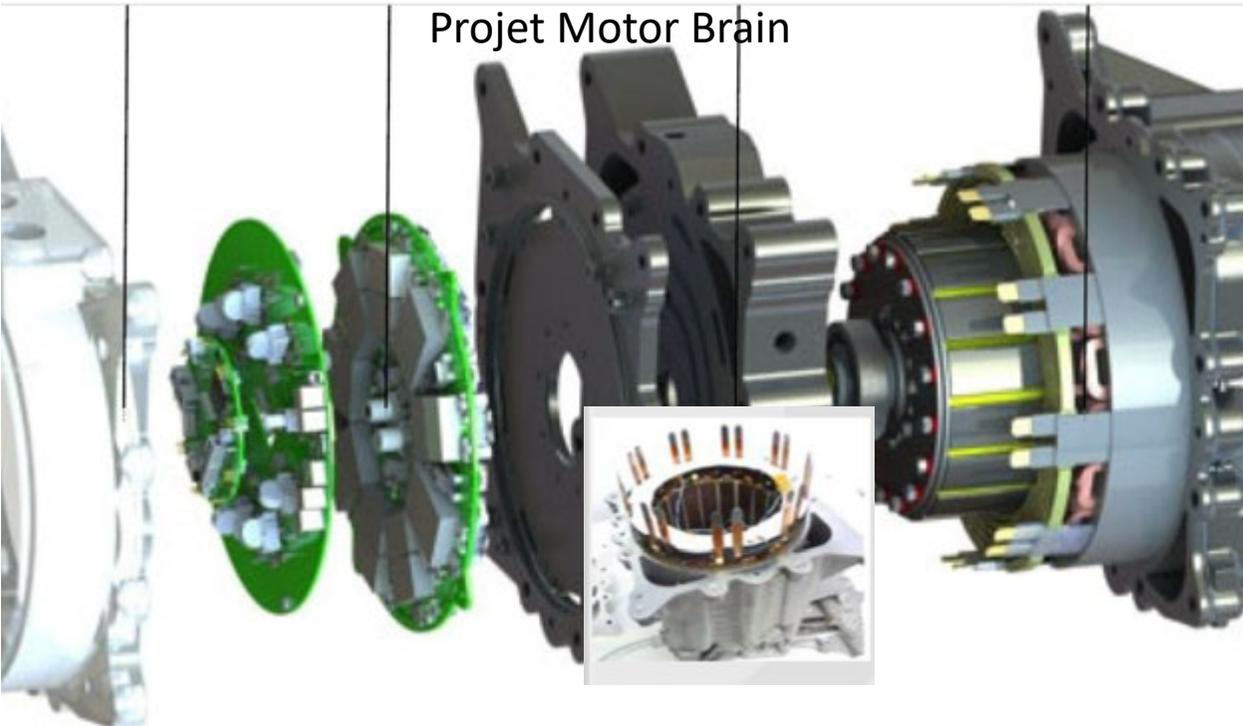
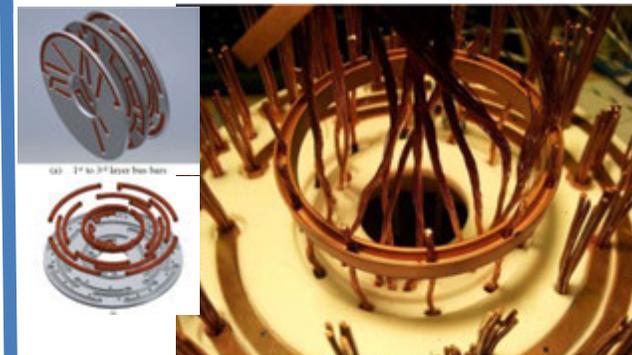


Fig. 7. Drive side PCB of winding connection solution with two PCBs

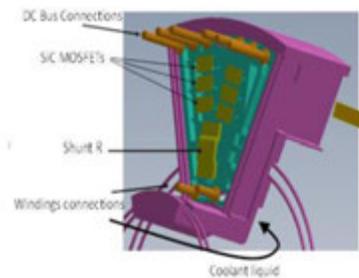
Fig. 4. Winding connection solution with one PCB

University of Newcastle

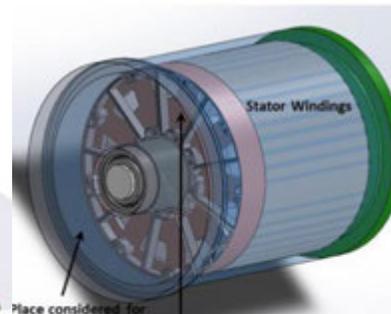
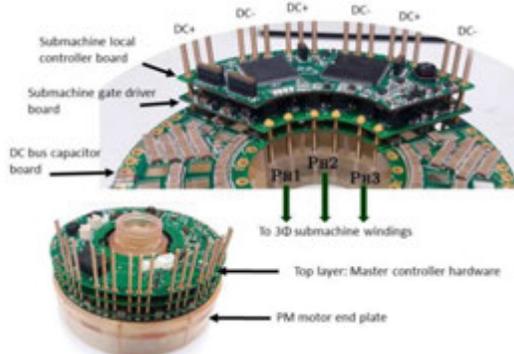


(a) First layer assembly

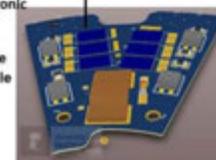
University of Nottingham



To stator windings



Place considered for power electronic hardware
Custom made power module



Next Generation Integrated Drive, NGID: A Novel Approach to Thermal and Electrical Integration of High Power Density Drives in Automotive Applications

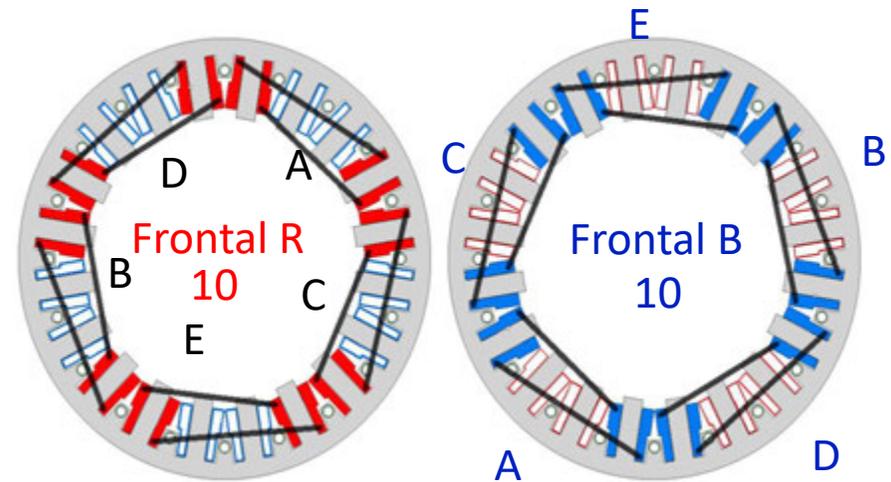
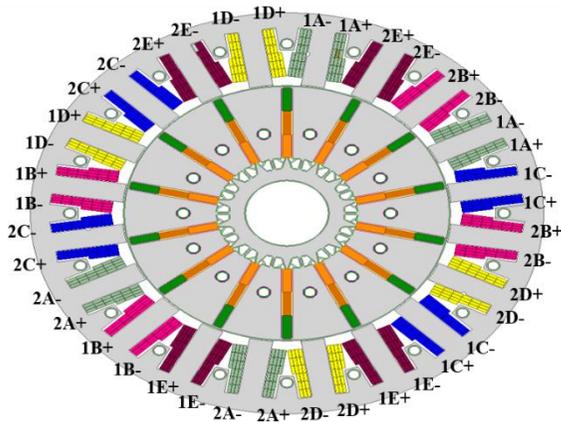
University of Nottingham, Faculty of Engineering, Nottingham, UK

2018
Design Consideration of a High-Speed Integrated Permanent Magnet Machine and its Drive System

De Juin 2019 à Janvier 2020

FIN août: connectique industrielle Standard trop volumineuse...recherche autres solutions...sur mesure

→ Réalisation d'une partie de la connectique directement au plus près de la machine ?



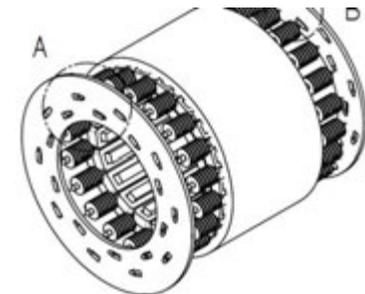
20 sorties de chaque côté

→ Reste à réaliser anneau de connexion avec insertion cosses type Faston

→ Pouvant être interfacées avec onduleur extérieur (2 X 5bras/ Double étoile) et avec onduleur intégré (2X10 bras/ Open-windings)

FIN novembre

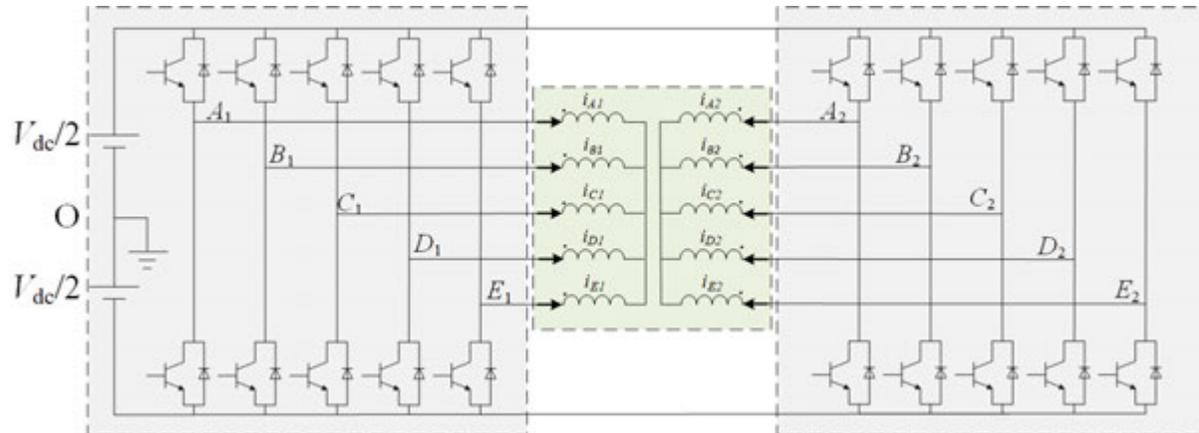
Mi - janvier



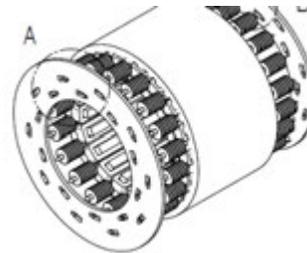
20 sorties de chaque côté

3. Prototype Réel MI1-CE2I

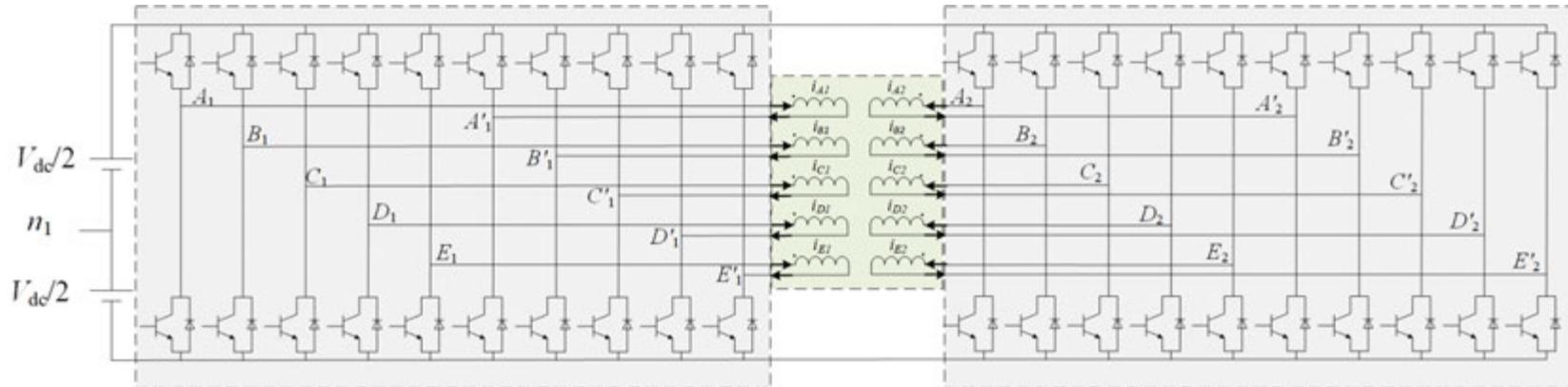
→ utilisation Onduleurs existants plus « puissants » (2X5Bras) pour test contraignants thermiquement



Onduleur extérieur (2 X 5bras/ Double étoile)



→ utilisation Onduleurs intégrés (2X10Bras)



Onduleur intégré (2X10 bras/ Open-windings)

Merci pour votre attention

