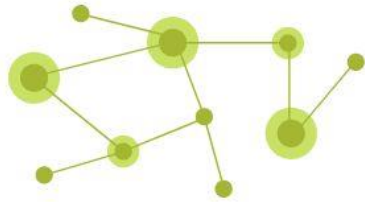


Caractérisation d'une machine haute température à ruban aluminium anodisé

ÉNERGIE
ÉLECTRIQUE 4.0



Comité de suivi EE4.0 – axe 2
12 février 2024



Le projet s'inscrit dans **l'axe 2 convertisseurs électriques intelligents**

- Poursuite du transfert technologique :

➤ Suite du projet CE2I

Démo2 CE2I

- ✓ Machine 40kW/4000trs/min
- ✓ Machine haute température: 300°C
- ✓ Topologie 12/10, triphasée
- ✓ Bobinage concentrique dentaire
bobine en aluminium anodisé
- ✓ Refroidissement à eau
- ✓ Deux types de rotor:
 - 1 rotor à aimants
 - 1 rotor bobiné en ruban aluminium anodisé

Objectifs

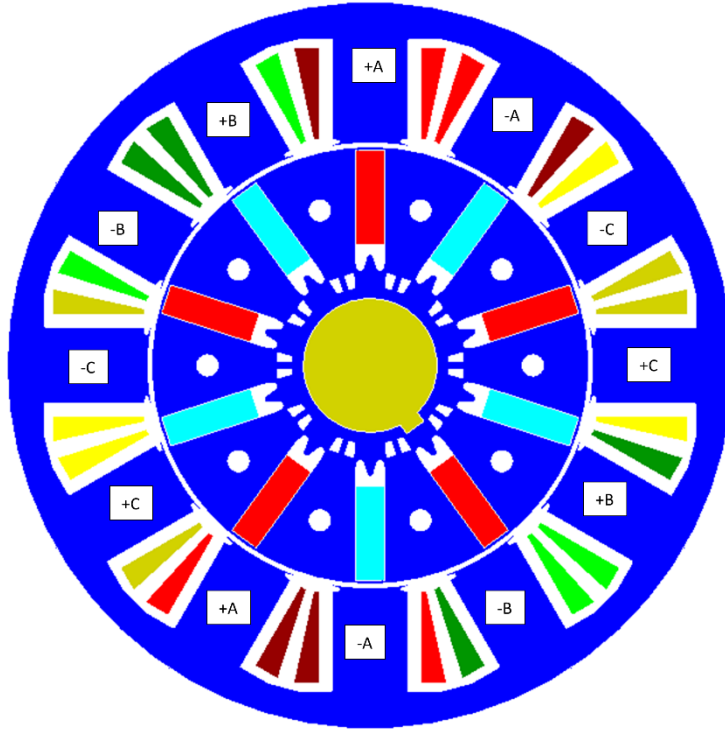
- ✓ Caractériser la machine : Fem à vide, Rendement

Moyens

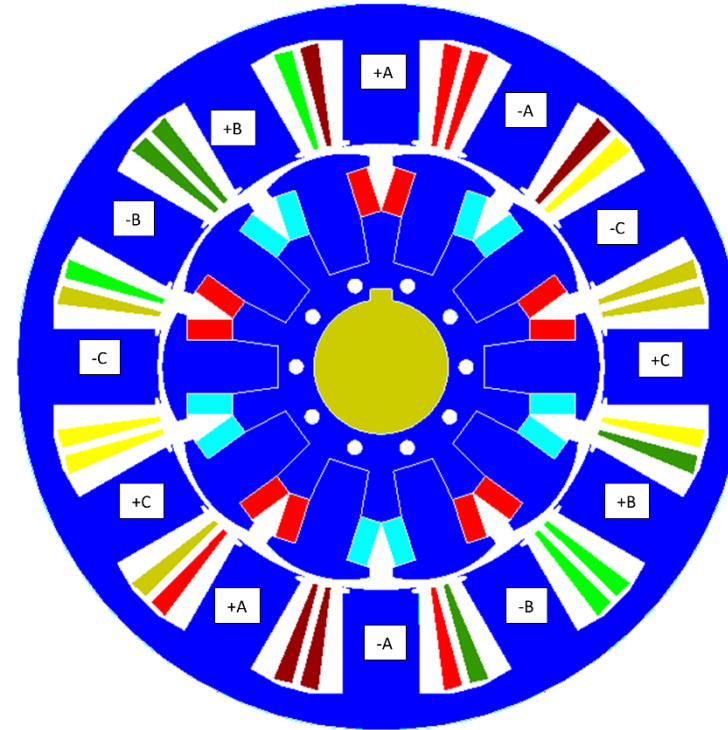
- ✓ Recrutement d'un IGR 6 mois : Miftah Irhoumah de février à juillet 2023
- ✓ acquisition d'un oscilloscope + moyens propres (équipements du banc CE2I)



Rotor à aimants



Rotor bobiné



- Stator windings: 10 coils per tooth (anodized aluminum tape of 0.4*24 mm) => 0.037Ω
- Stator current I_s : 80A peak (56.6A RMS - 6A/mm² current density)
- Rotor winding: 40 coils per pole (anodized aluminum tape of 0.15*12 mm) => 2.03Ω
- Rotor current I_r : 30A direct current (16A/mm² current density)

Calcul des pertes

Losses (W)	Permanent magnet machine	Wound rotor machine
Stator Joule	356	356
Rotor Joule	None	1827
Magnet	91	None
Stator iron	465	420
Rotor iron	76	48

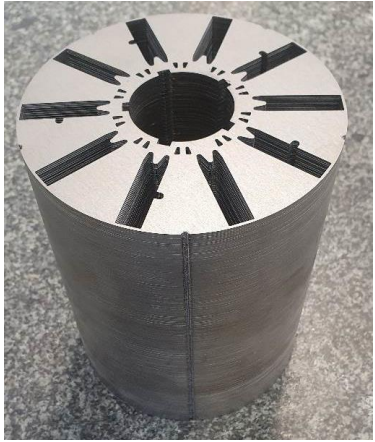
$\eta=96\%$

$\eta=93\%$

Analyse thermique par Motorcad – Machine a rotor bobiné

Configuration	1	2	3	4
Current rotor I_r	30 A	25 A	20 A	15 A
Current stator (peak) I_s	80 A	92 A	112 A	157 A
Rotor Joule losses	1800 W	1264 W	812 W	458 W
Stator Joule losses	356 W	471 W	700 W	1372 W
Stator iron losses	420 W	420 W	425 W	538 W
Rotor iron losses	48 W	48 W	48 W	48 W
Torque (average)	76 Nm	77 Nm	77 Nm	76 Nm
Rotor highest temperature (winding)	517°C	406°C	329°C	309°C
Stator highest temperature (winding)	269°C	237°C	223°C	263°C

Test sur rotor seul : 300°C à 20A, mais équilibre thermique non atteint.



Le rotor à aimants



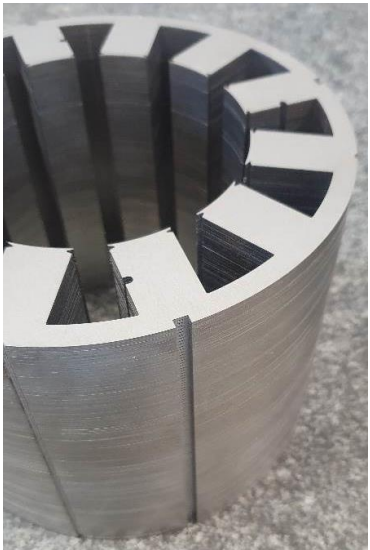
Bobinage stator



Un pôle du rotor



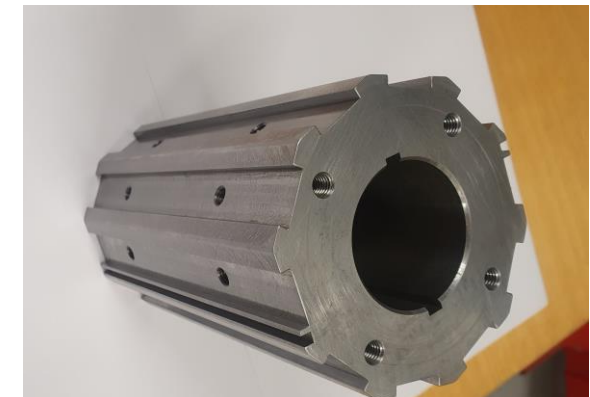
Bobines à ruban aluminium anodisé



Le stator

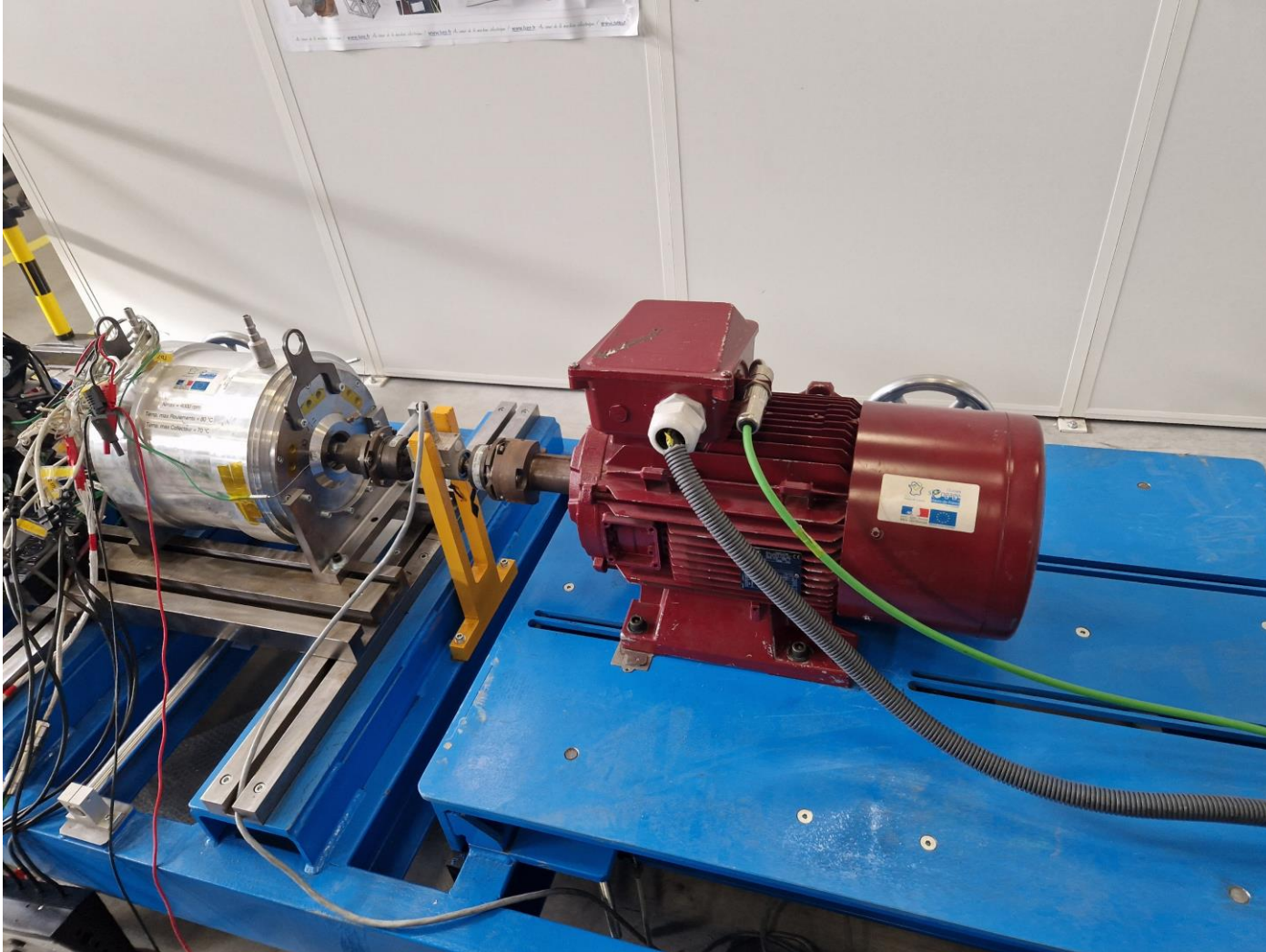


Le rotor bobiné



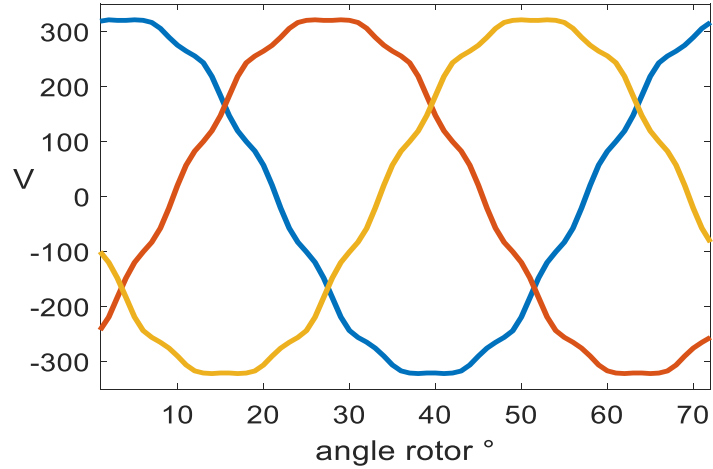
Le rotor

Machine sur banc d'essai

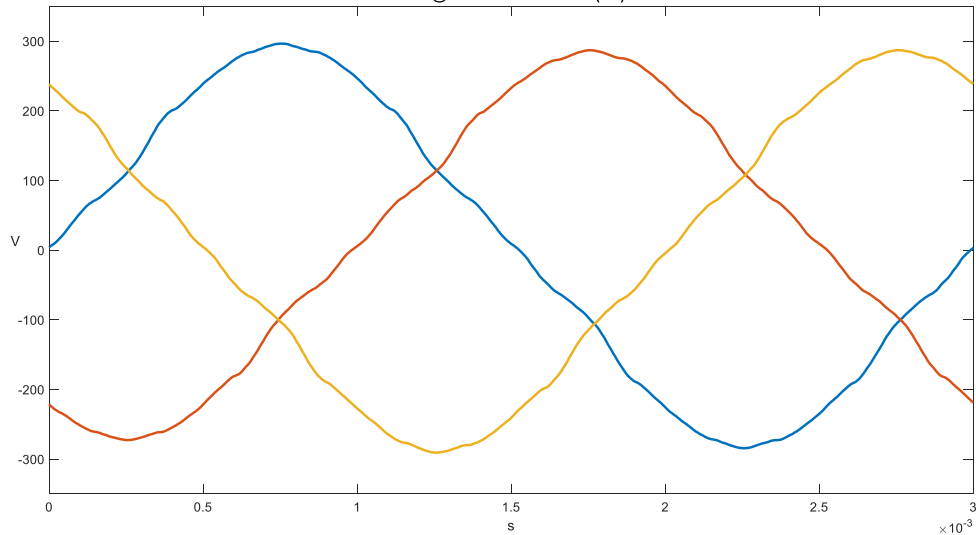


- Machine sur banc CE2I
- Alimentation par onduleur
- Contrôle par Dspace
- Contrôle du couple sur machine de charge
- Mesure de couple, vitesse
- Mesure puissance électrique

FEM @4000tr/min simu Flux2D (AP)



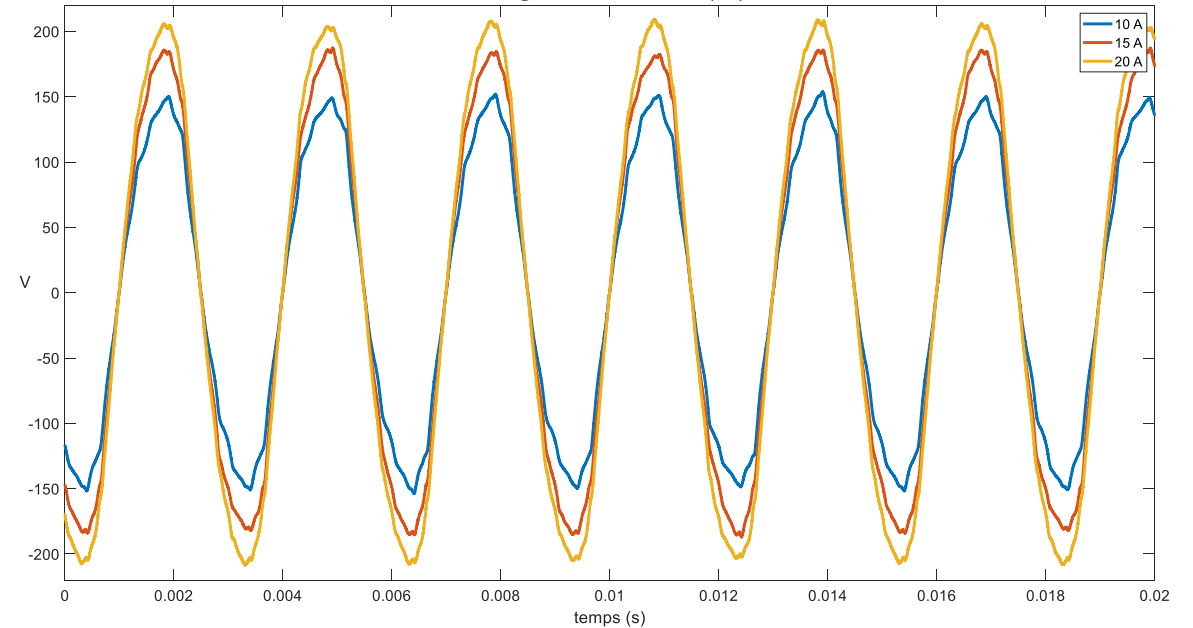
FEM @4000tr/min mesurées (AP)



Machine à aimants

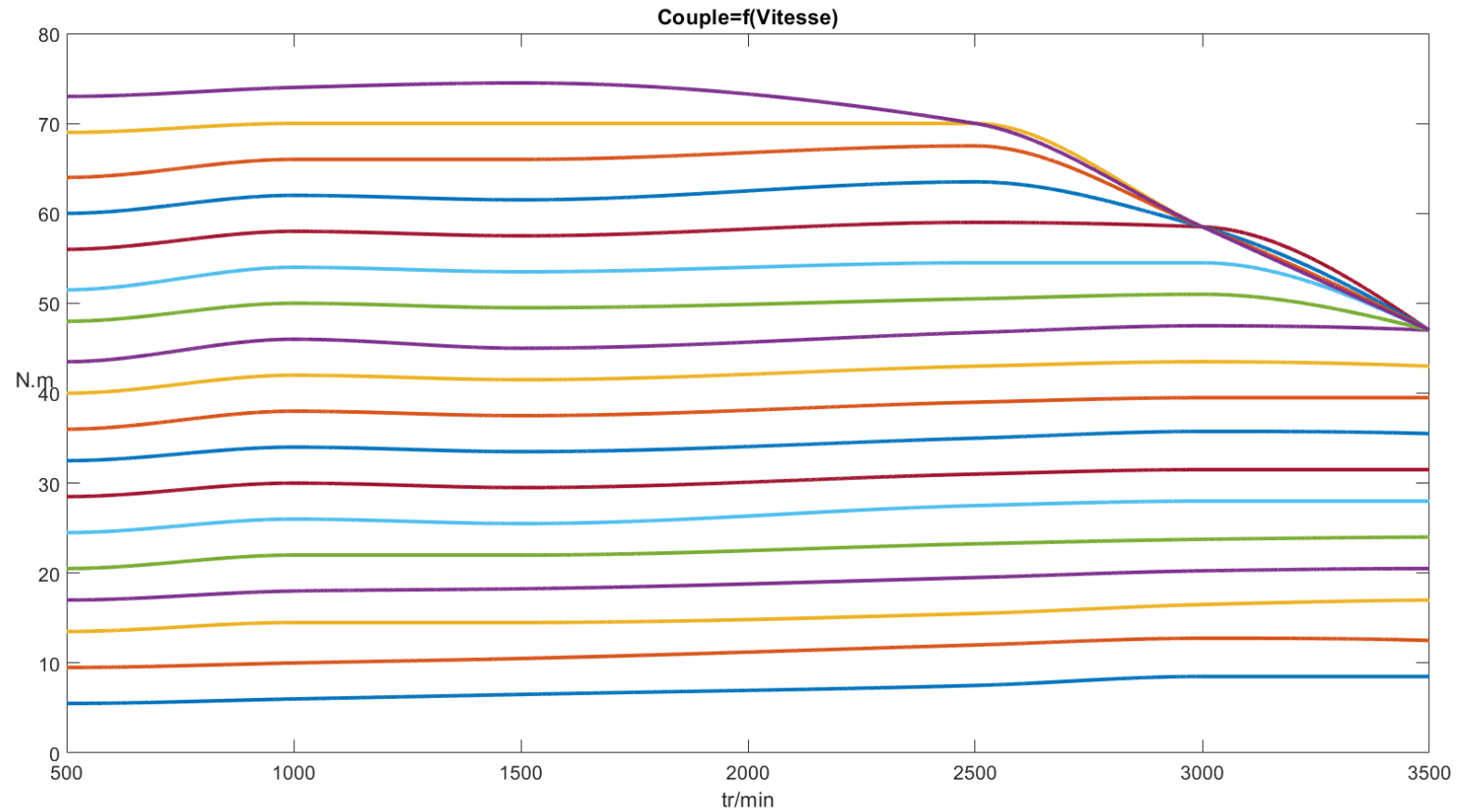
FEM à vide à 4000trs/min

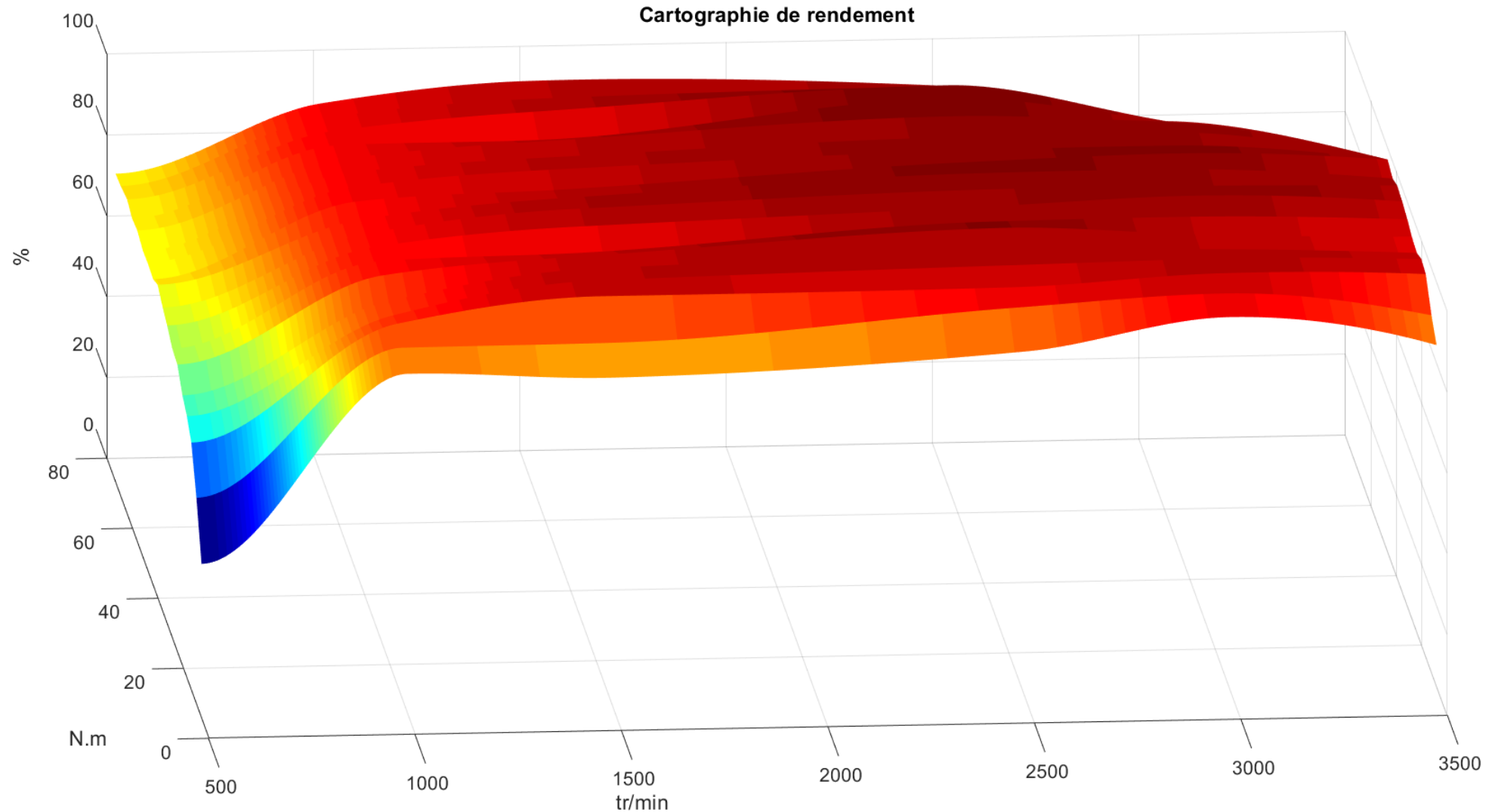
FEM @4000tr/min mesurées (RB)



Machine à rotor bobiné

Principaux résultats scientifiques





Température maximale au stator: 200°C

Bilan

- ✓ Tenue mécanique du rotor bobiné à 4500trs/min
 - ✓ Tenue en température du rotor à 300°C
 - ✓ Bonne tenue de la connectique en vitesse et en température
 - ✓ Bonne concordance avec la simulation pour la fem à vide
 - ✓ Acquisition de la cartographie de rendement pour la machine à aimant
- Rédaction d'un article pour ICEM 2024.

Suite des travaux

- ✓ Caractériser la machine à rotor bobiné
- ✓ Modèle de machine avec prise en compte de la variation de paramètres
 - Thèse Riyad Jbayli : « Commande et diagnostic d'une machine synchrone haute température à ruban aluminium anodisé ». Financement 50% région, 50% université d'Artois

Merci !

QUESTIONS ?