

Réalisation et test d'un moteur supraconducteur incluant un accouplement magnétique

Bastien DOLISY, Smail MEZANI, Thierry LUBIN, Jean LEVEQUE
GREEN, Faculté des Sciences et Technologies, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès Nancy

RESUME - Nous présentons, dans ce papier, l'étude d'un moteur supraconducteur à flux axial. Ce moteur est destiné à des applications requérant une très forte densité de couple. Ce moteur est constitué d'un bobinage induit en cuivre et d'un inducteur supraconducteur. Un accouplement magnétique est intégré à la structure pour transmettre le couple de ce moteur à la charge. Cette solution est une bonne alternative aux « Torque Tube » habituellement utilisés. Elle permet entre autre une réduction des apports de chaleur des parties chaudes vers les parties cryogéniques du moteur. Ce moteur supraconducteur avec un couplage magnétique a été dimensionné, réalisés et testés et ce sont ces résultats expérimentaux que nous présentons.

Mots-clés—Accouplement magnétique, moteur supraconducteur.

1. INTRODUCTION

L'amélioration des performances des machines électriques est un grand défi depuis des décennies. L'un des paramètres les plus importants pour améliorer les performances des moteurs ou des générateurs électriques est l'obtention d'un champ magnétique élevé dans l'entrefer. Les matériaux supraconducteurs sont particulièrement intéressants en raison de leurs densités de courant très élevées et de leurs capacités à supprimer les pertes par effet Joule. Nous proposons l'étude d'un moteur supraconducteur à flux axial comprenant un stator avec un bobinage en cuivre (bobinage dans l'entrefer) et un inducteur comportant des bobines supraconductrices. Ce type de machine est adapté pour les applications de forte puissance avec de faibles vitesses de rotation. Parmi les applications possibles, on peut citer la propulsion marine ou les génératrices pour éolienne ou hydrolienne. Nous étudions également une transmission de couple sans contact pour éliminer le «Torque Tube» et minimiser l'échange de chaleur entre la partie froide et l'air ambiant. Cette transmission est composée dans la partie froide de bobines supraconductrices partageant le même environnement cryogénique que l'inducteur du moteur et un rotor à aimants permanents dans la partie à température ambiante.

Pour résumer, les avantages de la suppression d'une transmission de couple mécanique sont les suivants :

- Meilleur rendement
- Transmission du couple sans contact entraînant la réduction des vibrations
- Réduction des pertes thermiques.
- Protection naturelle contre les surcharges

2. PRINCIPE DU MOTEUR

La structure proposée comporte un moteur synchrone à flux axial ayant un inducteur supraconducteur et un induit en cuivre. La transmission du couple vers la charge se fait par un accouplement magnétique. Nous avons choisi d'étudier et de réaliser une machine triphasée de type 6-4, cette structure est relativement classique.

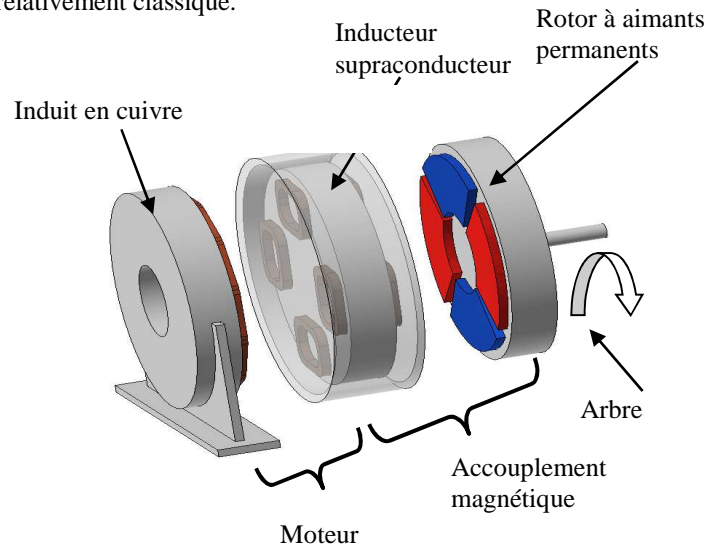


Fig.1: Principe du moteur supraconducteur et de l'accouplement magnétique.

La structure du moteur supraconducteur proposé est présentée figure 1. Il est composé de deux ensembles de bobines supraconductrices, un induit en cuivre et un rotor à aimants permanents. Les bobines supraconductrices sont montées sur une culasse ferromagnétique tournante.

3. CONCEPTION ET FABRICATION

Nous présentons dans cette partie, le dimensionnement et la réalisation d'un prototype de moteur supraconducteur équipé d'un accouplement magnétique supraconducteur. Les bobines de l'induit et de l'inducteur sont montées sur des culasses ferromagnétiques. La structure est sans dent.

L'inducteur supraconducteur et le stator en cuivre sont contenus dans un cryostat en matériau époxy (G11). Le refroidissement de l'ensemble est réalisé par immersion dans un bain d'azote liquide (77 K). Nous avons choisi de positionner

l'axe de la machine à la verticale comme représenté sur la figure 2. Ceci permet de simplifier la réalisation de ce cryostat.

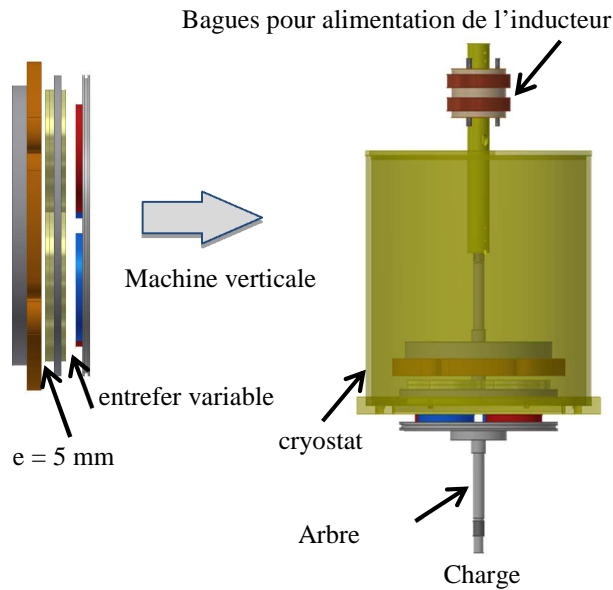


Fig.2 : Schéma synoptique du moteur.

Dans le tableau 1, nous donnons les principales caractéristiques du moteur supraconducteur.

Tableau 1. Paramètres du moteur

Paramètres	Unités	Valeur
Rayon moyen	mm	85
Nombre de paires de pôles		2
Vitesse nominale	rpm	500
Entrefer du moteur	mm	20
Entrefer de l'accouplement	mm	5

4. RESULTATS

Pour mesurer les positions relatives de l'inducteur par rapport à l'induit et à l'accouplement magnétique, deux codeurs incrémentaux (4096 points) ont été utilisés. Ils mesurent un angle avec une précision de $0,088$ degré. La mesure se fait via une carte d'acquisition dSPACE®. La mesure de couple statique est obtenue au moyen d'un capteur de couple ayant une plage de mesure de $1,5 \text{ Nm}$ à 30 Nm avec une précision garantie par le fabricant de $0,77\%$. Un moteur à courant continu à excitation séparée est installé sur le banc d'essai pour servir de charge mécanique. Le système est décrit sur les figures 3 et 4.

Deux types d'essais ont été effectués :

- des essais statiques ont permis de vérifier le bon fonctionnement des bobines supraconductrices en mesurant les caractéristiques électriques $U(I)$. Nous avons également mesuré le couple statique en fonction de l'angle interne de l'accouplement et du moteur.

- la machine a été testée en générateur : essais à vide, en court-circuit et en charge. Ces tests nous ont permis de déterminer les paramètres du modèle équivalent de Behn-Eschenburg.

A partir des résultats des différents essais, nous avons validé le principe du moteur et en particulier le bon fonctionnement des bobinages supraconducteurs, aussi bien pour l'inducteur de la machine que pour la partie accouplement magnétique.

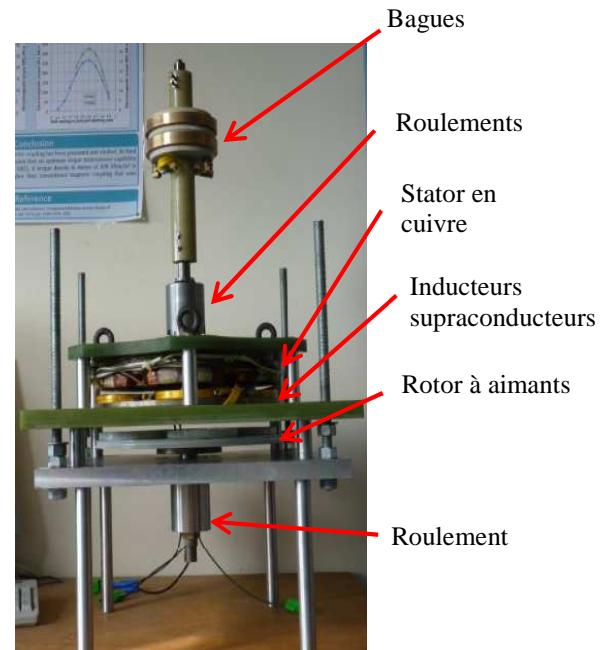


Fig.3 : Photographie des éléments du moteur et de l'accouplement magnétique.

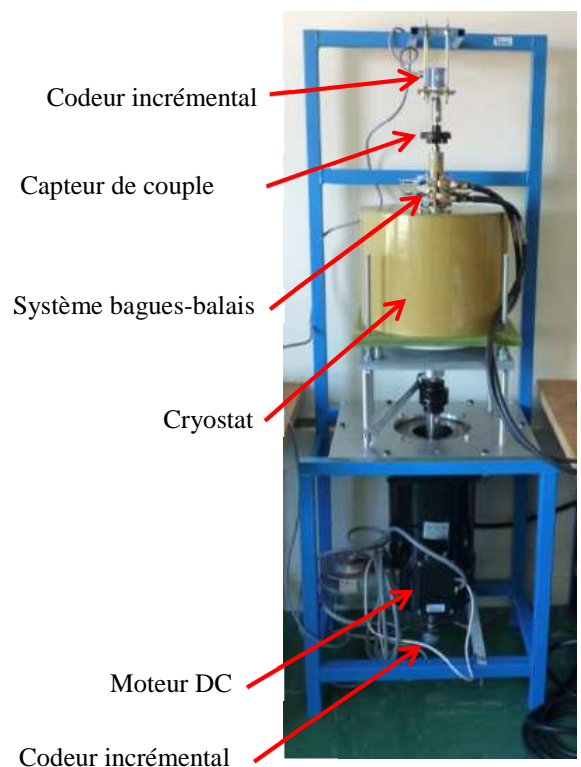


Fig.4 : Photographie du banc expérimental.

5. REMERCIEMENTS

La thèse de Bastien Dolisy a été financée grâce au soutien de la DGA.