

Système de stockage énergétique

MRU Technologie Industrielle / Directeur de thèse: Prof. Bernard Schmutz
Expert: Prof. Valérie Briquez

Dû à d'importantes avancées technologiques dans l'électronique de puissance, les paliers magnétiques et les matériaux composites à haute résistance; le stockage inertiel – Flywheel Energy Storage, abrégé FES – n'est plus une lointaine utopie. Par rapport aux batteries, les FES présentent des avantages décisifs qui sont de permettre des cycles de charge/décharge extrêmement rapides, d'avoir une très grande durée de vie ainsi qu'un impact environnemental faible.



Daniel Grünig

Situation de départ

Un des problèmes majeurs auxquels sont confrontés les véhicules électriques est l'impossibilité d'être rechargé rapidement sans impact important sur le réseau électrique. Pour répondre à cette difficulté, ce travail porte sur la possibilité d'accumuler lentement de l'énergie – de préférence renouvelable – sous forme cinétique, que l'on pourra, en temps voulu, transférer en moins de cinq minutes à la batterie du véhicule.

Concept

Les matériaux offrant la meilleure densité d'énergie cinétique dans un volant d'inertie ont une grande résistance mécanique alliée à une faible masse volumique. À ce jeu-là, les composites unidirection-

nels à fibres de carbone sortent nettement du lot. Quant à la géométrie qui permet la plus grande densité de stockage, c'est le cylindre à paroi mince.

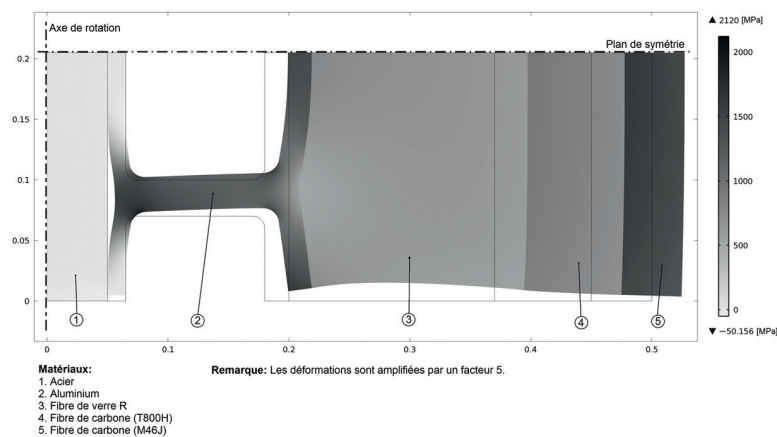
Pour la capacité de 25 kWh ici requise, ces considérations conduisent à un cylindre allongé présentant des fréquences de résonance basses et une surface exposée au frottement visqueux importante. Il était alors nécessaire d'épaissir la paroi du cylindre pour le rendre plus rigide et plus compact. Ce faisant, on se heurte à des contraintes tangentielles très élevées vers la paroi intérieure et à des contraintes radiales trop grandes en milieu de paroi. On a donc cherché à contourner ces difficultés en réalisant un rotor hybride composé de

trois couches de composites différentes. En effet, en augmentant le rapport rigidité/densité des matériaux du centre vers l'extérieur, les couches internes s'appuient sur les couches externes et permettent de réduire les contraintes radiales à un niveau acceptable tout en utilisant des matériaux moins onéreux à l'intérieur.

Travail et résultats

L'étude de différentes géométries de rotors associée à une palette variée de matériaux au moyen du logiciel de simulation Comsol-multi-physique a permis de retenir un rotor qui tourne à 20'000 rpm et qui est constitué de trois couches différentes: fibre de verre, carbone à haute résistance et carbone à haut module. Il permet de stocker les 25 kWh requis. Ce rotor devra néanmoins encore être vérifié en regard des contraintes thermiques résiduelles et avec un critère de rupture adéquat. On devra également vérifier son comportement dynamique et optimiser ses coûts. Une enceinte de confinement reste à concevoir.

Cette FES n'offre un bon rendement que pour du stockage à très court terme et le prix actuel des composites et des paliers magnétiques font douter de sa viabilité financière.



Champ des contraintes et déformation dans un rotor de FES.