



## Avis de Soutenance

Madame Dan ZHU

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mardi 26 mai 2020** à 14h00

Lieu : UTBM Rue Thierry Mieg, 90000 BELFORT

Salle : F206

Titre des travaux : Gestion de l'énergie des réservoirs d'hydrure intégrés en tenant compte de la dégradation de l'efficacité et de la durée de vie des véhicules à pile à combustible

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 63

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Abdesslem DJERDIR

Codirecteur de thèse : Youcef AIT AMIRAT  HDR  NON HDR

Soutenance :  Publique  A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Abdesslem DJERDIR	Professeur	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Youcef AIT-AMIRAT	Maître de Conférences	Université de Franche-Comté	Co-directeur de thèse
M. Abdoul N'DIAYE	Ingénieur de recherche	FCLAB FR / FEMTO-ST	Co-directeur de thèse
Mme Melika HINAJE	Professeur	Université de Lorraine Nancy ENSEM	Rapporteur
M. Christophe FORGEZ	Professeur	Université de Technologie de Compiègne	Rapporteur
M. Ali SARI	Professeur	IUT Lyon1	Examineur
M. Olivier GILLIA	Docteur	CEA-Grenoble	Examineur
M. Dominique PERREUX	Professeur	Université de Franche-Comté	Examineur

**Mots-clés** : stockage d'hydrogène à hydrure métallique, pile à combustible à membrane échangeuse de protons, estimation de l'état de charge, gestion thermique, fonctionnement longue durée,

## Résumé de la thèse (en français) :

Le développement des sources d'énergie alternatives devient très important en raison de l'effet du changement climatique et de l'épuisement des combustibles fossiles. L'hydrogène est prometteur grâce à sa ressource illimitée, sa densité énergétique élevée, sa grande flexibilité technologique et sa nature respectueuse de l'environnement. Avec un potentiel élevé en matière de sécurité et de fiabilité, le stockage d'hydrogène avec des hydrures métalliques (MH) est considéré comme la meilleure méthode. Cette thèse contribue à l'étude des performances des systèmes de stockage de l'hydrogène MH embouqué, plus particulièrement l'état de charge, la modélisation dynamique et la gestion thermique la pile à combustible. Tout d'abord, des modèles sont proposés pour l'analyse dynamique des performances et le calcul de l'état de charge (SOC). Le processus d'estimation SOC en ligne est ensuite réalisé en combinant un classifieur d'états multi-joint. Le modèle dynamique du réservoir prenant en compte la conversion de masse et d'énergie est proposé à l'aide de paramètres optimisés identifiés par un algorithme d'optimisation d'essaim partiel. De plus, le comportement dynamique du système de pile à combustible intégrant la pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) et le réservoir de stockage d'hydrogène MH est simulé à l'aide d'un modèle mathématique défini et validé à l'aide d'une base de données provenant des véhicules réels. Une stratégie de gestion thermique avec contrôleur PID est proposée pour réduire la dégradation et prolonger la durée de vie de la PEMFC. Enfin, d'essai est conçu en laboratoire et des expériences sont menées pour valider les modèles et stratégies proposés.

## Abstract (in English):

Nowadays, the development of alternative energy sources becoming particularly important due to the effect of climate change and fossil fuels depletion. Hydrogen holds great promise thanks to its unlimited resources, high energy density, large technological flexibility and the environmentally friendly nature. With high potential of safety, storing hydrogen with metal hydrides (MH) is considered to be the optimal on-board hydrogen storage method for the future hydrogen vehicle. This thesis therefore contributes to analyzing the performance and properties of embedded MH hydrogen storage systems, including the characteristic estimation, dynamic modeling and thermal management coupling with fuel cells. Firstly, statistical models are proposed for dynamic performance analysis and state of charge (SOC) calculation. The online SOC estimation process is then realized combining a multi-joint state classifier. The dynamic model of the embedded MH tank considering mass and energy conversion is proposed using optimized parameters identified through particle swarm optimization (PSO) algorithm. Moreover, the dynamic behavior of the fuel cell system integrating proton-exchange-membrane fuel cell (PEMFC) and MH hydrogen storage tank is simulated with a mathematical model set and validated using a database from the real operation vehicles. A thermal management strategy with PID controller is proposed to reduce the degradation and extend the lifespan of PEMFC. Finally, a test bench is designed in laboratory and experiments are carried out to validate the proposed models and strategies.