

Nom du candidat : Adil EL ABOUBI

JURY

Membres du jury

M.-G. DI BENEDETTO	Professeure à l'Université La Sapienza à Rome
A. BENLARBI-DELAÏ	Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie à Paris
R. ELASSALI	Professeur à l'ENSA à Marrakech
D. BELOT	RF Design Manager à STMicroelectronics à Grenoble
F. BOUKOUR	Directrice de Recherche à l'IFSTTAR à Villeneuve d'Ascq
M. HEDDEBAUT	Directeur de Recherche à l'IFSTTAR à Villeneuve d'Ascq
Y. ELHILLALI	Maître de Conférences à l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, IEMN

TITRE DE LA THESE

**Étude et évaluation de la consommation énergétique
d'une balise ferroviaire fondée sur l'ULB
et le Retournement Temporel**

RESUME

Dans un contexte où les ressources énergétiques sont moindres et la demande en termes de débit de communication est forte, il est intéressant de proposer des solutions techniques au niveau de la couche physique permettant d'optimiser la consommation énergétique de systèmes. Actuellement, pour une localisation précise et un transfert de données entre voie et trains efficace, la signalisation ferroviaire exploite des balises disposées entre les rails. La durée possible de la communication entre trains et balises s'avère très brève et n'est effective que lorsque le train passe juste au-dessus de la balise. Celle-ci reste en état de veille jusqu'à ce que le train la télé alimente lors de son passage. Le temps de communication utile entre le train et la balise s'établit à 3-4 ms pour un train roulant à 300 km/h. Par conséquent, plusieurs équipements consécutifs doivent être installés si l'on veut accroître la durée d'échange ou encore la quantité de données échangées. En outre, le fait d'émettre continuellement un puissant signal de télé alimentation radiofréquence non exploité depuis tous les trains en circulation, la difficulté de maintenance liée à la présence de cet équipement entre les rails, ainsi que la portée et donc la capacité de communication réduites des balises actuelles constituent autant de limitations que nous tentons de pallier avec ce nouvel équipement.

Dès lors, nous développons une nouvelle génération de balise ferroviaire fondée sur un lien radiofréquence qui possède une portée atteignant quelques mètres, nettement plus importante que celle exploitable actuellement. Cette balise est également située en bord de voie et non entre les rails pour des questions de facilité de maintenance. Nous utilisons une technique de focalisation du signal émis depuis la balise vers l'antenne embarquée sur le train. Puisque la distance de communication balise au sol - interrogateur est portée à quelques mètres, la télé alimentation par couplage inductif actuelle n'est plus possible. Disposer d'une infrastructure centrale pour alimenter toutes les balises présentes sur le réseau n'est pas réaliste non plus. Une solution raisonnable et économe consiste à générer de l'énergie électrique basse tension localement en utilisant des énergies renouvelables (solaire, éolienne...), et en limitant le plus possible la consommation d'énergie de l'électronique de la balise. Dans cette optique, la contribution scientifique présentée consiste à développer et à optimiser, en termes d'énergie consommée, la couche physique de communication de cet équipement.

Nous optons pour la technique radio Ultra Large Bande (ULB) performante à courte portée associée à la technique du Retournement Temporel (RT) afin de focaliser spatialement les signaux de la balise vers la voie pour une meilleure optimisation d'énergie. Celles-ci offrent la possibilité de créer des systèmes de communication économes en énergie d'alimentation et faciles à réaliser à coût limité. Pour définir un système de communication ULB efficace, nous développons des modèles permettant d'évaluer la consommation énergétique selon les paramètres de la couche physique (type de modulation, nombre d'utilisateurs, codages...) ainsi que du canal de propagation en prenant en compte à la fois l'énergie nécessaire à la transmission et l'énergie requise par la circuiterie. Nous développons ensuite des modèles permettant de comparer un système ULB conventionnel et un système ULB avec RT. Lors d'une dernière étape, nous comparons un système Multi Output Single Input (MISO) avec et sans RT à un système Single Input Single Output (SISO) avec et sans RT et nous proposons une démarche permettant d'établir des comparaisons énergétiques directement sur carte FPGA permettant de valider les modèles énergétiques théoriques.

**Soutenance le 04 avril 2016 à 14h30
Amphi DOAE**