



**HAL**  
open science

## Développement d'un modèle conduit pour le dimensionnement d'un filtre CEM destiné à une application VE

Amin Frikha, Habib Boulzazen, Mohamed Bensetti, Fabrice Duval

### ► To cite this version:

Amin Frikha, Habib Boulzazen, Mohamed Bensetti, Fabrice Duval. Développement d'un modèle conduit pour le dimensionnement d'un filtre CEM destiné à une application VE. 16ème édition du Colloque International sur la Compatibilité ElectroMagnétique (CEM 2012), Apr 2012, Rouen, France. hal-03215505

**HAL Id: hal-03215505**

**<https://hal.science/hal-03215505v1>**

Submitted on 3 May 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Développement d'un modèle conduit pour le dimensionnement d'un filtre CEM destiné à une application VE

Amin Frikha, Habib Boulzazen, Mohamed Bensetti, Fabrice Duval

<sup>1</sup> IRSEEM-ESIGELEC, Av Galilée, 76801 St. Et. du Rouvray, habib.boulzazen@esigelec.fr

**Résumé :** Cet article présente des travaux de modélisation CEM (Compatibilité ElectroMagnétique) d'une chaîne de puissance utilisée dans une application pour véhicules électriques ou hybrides (VHE). Un modèle est développé, en domaine temporel, dans l'objectif de prédire les perturbations en mode conduit. Ce modèle sera utilisé par la suite pour dimensionner un filtre CEM passif afin de réduire ces perturbations dans la gamme de fréquences 150 KHz-108 MHz imposée par la norme CISPR 25. Le modèle développé prend en considération les différents éléments parasites existant sur la chaîne de puissance (Printed Circuit Board (PCB), connexions, composants passifs et actifs, moteurs, câblages). Pour étudier la validité du modèle conduit, un banc de test CEM a été réalisé à l'IRSEEM permettant d'effectuer des mesures normatives sur toute la gamme de fréquence. Les résultats obtenus ont montré une bonne concordance entre le modèle et les résultats expérimentaux. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du projet COMPACITE soutenu par le pôle de compétitivité MOV'EO.

**Mots-clés :** application Véhicule Electrique VE, Compatibilité ElectroMagnétique CEM, CISPR-25, Emissions conduites, filtre CEM, modélisation CEM, modèle de PCB, moteur synchrone.

## 1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, les constructeurs d'automobiles activent leurs recherches sur les solutions alternatives aux énergies fossiles. Parmi les solutions retenues les véhicules hybrides qui associent une motorisation électrique au moteur à combustion et les véhicules purement électriques.

Le succès du véhicule électrique a été rapidement freiné par la faible autonomie et la lenteur du temps de recharge des batteries. Les avancées technologiques réalisées ces dernières années sur les batteries Lithium Ion et l'aspect écologique ont permis de relancer les programmes de recherche dans l'espoir de favoriser un marché de VE. L'une des problématiques qui pourra freiner le développement du VE sur le marché est son autonomie de roulage face aux conditions climatiques. Pour encourager le marché du VE, il est nécessaire de proposer des solutions permettant une autonomie de roulage suffisante tout en assurant un confort thermique acceptable.

Les machines électriques ainsi que leurs commandes sont des éléments clés de la chaîne de puissance des véhicules électriques ou hybrides (VEH). En général, les performances recherchées pour ces éléments sont: une grande vitesse de

rotation, une puissance élevée, une réponse rapide, une bonne fiabilité et surtout satisfaire les exigences CEM.

Plusieurs études ont montré que la CEM est une problématique incontournable dans la conception des applications de puissance, et plus particulièrement lorsqu'on utilise les convertisseurs de puissance pour les moteurs à vitesse variable [1-2].

Les chaînes de puissance sont composées, généralement, d'une source d'alimentation, d'un filtre CEM, des convertisseurs, de câbles de puissance et d'un moteur. L'augmentation croissante des fréquences de commutation engendrent en contre partie une augmentation des interférences électromagnétiques (IEM) susceptibles de perturber le bon fonctionnement de l'ensemble du système. Pour cette raison, il est important de prendre en considération la problématique CEM dès la phase de conception afin de satisfaire aux spécifications des normes en vigueur telle la norme CISPR-25 [3] pour le domaine automobile. En effet, les IEM sont la cause, à long terme, de la génération d'impulsions de couple parasites ou de bruit acoustique, et de la dégradation des enroulements du moteur [2]. L'une des solutions consiste à utiliser un filtre CEM pour atténuer les perturbations

conduites, cela peut être combiné avec la diminution de la valeur de « dv/dt » durant la commutation, ainsi que l'utilisation de commandes de convertisseurs plus efficaces.

Cette communication présente l'élaboration d'un modèle CEM conduit, dans le domaine temporel, d'une chaîne de puissance d'un compresseur électrique destiné aux véhicules électriques. Ce modèle, qui sert à prédire les perturbations électromagnétiques conduites, est conçu en tenant compte d'un maximum d'éléments parasites. La chaîne de puissance modélisée est présentée par la figure 1.

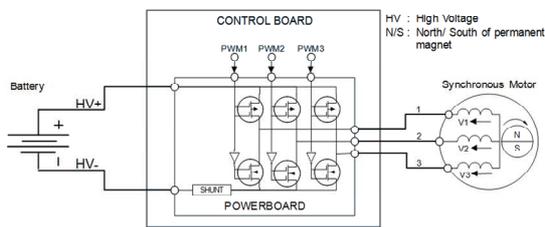


Figure 1: Schéma général de la chaîne de puissance modélisée

## 2. MODELISATION DES ELEMENTS DE LA CHAINE DE PUISSANCE ET RESULTATS

L'objectif principal est d'aboutir à un modèle global de la chaîne de puissance considérée à travers la modélisation de chacun de ses éléments. Nous utilisons le schéma détaillé (Fig. 2) de la chaîne de puissance étudiée. Ce système est composé d'une baie fournissant une tension continue de (350V DC) réalisée à l'IRSEEM représentant la batterie, d'un filtre CEM, d'un onduleur de tension à six MOSFETs (650V, 33A @25°C), d'un moteur synchrone (5 paires de pôles), un faisceau de câbles (2 câbles de 20cm) reliant l'onduleur à deux RSILs (Réseau de Stabilisation d'Impédance de Ligne) et un autre faisceau de câbles (3 câbles de 30cm) qui alimente en tension électrique le moteur synchrone. La norme CISPR-25 nous impose le choix des RSIL dans le cas de mesures de perturbations en mode conduit. Chacun de ces éléments est modélisé et validé par des simulations dans le domaine temporel et/ou fréquentiel. Il est question de trouver les modèles représentant au mieux le comportement électromagnétique de chaque élément de la chaîne de puissance tout en leur gardant une signification physique. Pour cela, nous avons effectué une caractérisation RF de chaque sous système de façon à valider le modèle élaboré.

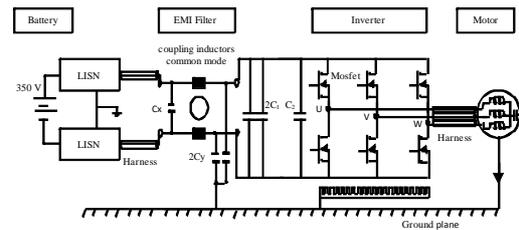


Figure 2: Schéma détaillé du système de puissance étudié

La figure 3 montre les courbes, de mesure et de simulation en temporel, du spectre des émissions conduites au niveau de la borne positive du RSIL (haute tension) pour un fonctionnement du moteur à 1500tr/mn. Les simulations sont obtenues avec le modèle global de la chaîne de puissance avec et sans le modèle du PCB. Les résultats expérimentaux sont obtenus à travers une campagne d'essais normatifs, en conditions réelles, sur le prototype du compresseur électrique réalisé dans le cadre du projet. Nous constatons, globalement, une bonne concordance entre mesure et simulation, celle-ci est légèrement améliorée lorsque le modèle du PCB est mis en jeu.

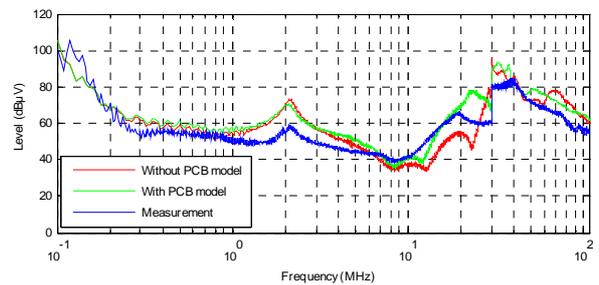


Figure 3: Spectre d'émissions conduites à 1500tr/mn

La figure 4 montre une comparaison des courbes simulées du spectre des perturbations conduites avec et sans filtre CEM. Nous constatons clairement le rôle de ce filtre dans l'atténuation des perturbations conduites (jusqu'à 60dB dans la bande 150KHz-20MHz).

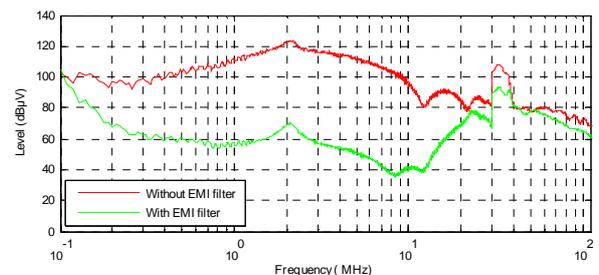


Figure 4: Effet du filtre CEM (à 1500tr/mn)

### 3. CONCLUSION

Cette étude montre la possibilité de prédire, via un modèle dans le domaine temporel, les perturbations électromagnétiques conduites (dus aux courants de modes commun et différentiel) dans une chaîne de puissance. Les résultats de simulation du modèle proposé sont directement confrontés aux données expérimentales. La bonne concordance entre ces résultats permet de valider le modèle dans la gamme de fréquence 150KHz-108MHz. Nous soulignons également l'importance de la prise en compte des éléments parasites tel que le PCB et les connexions.

### 4. REFERENCES

- [1] B. Revol, J. Roudet, J-L. Schanen, P. Liozelet, 'EMI Study of Three-Phase Inverter-Fed Motor Drives, IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 47, No. 1, pp. 223-231, January/February 2011.
- [2] N. Doorgah, C. Vollaie, F. Costa, N. Gazel, R. Meuret, 'EMI circuit modeling of a power train on composite ground plane', Electromagnetic Compatibility (EMC), IEEE International Symposium on, pp. 643-646. 2010.
- [3] Commission Electrotechnique Internationale (CEI), "Véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne. Caractéristiques des perturbations radioélectriques. Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs embarqués," Norme internationale CISPR 25, Edition 3.0, 03-2008.