



**HAL**  
open science

## Investigations multi physiques et expérimentations virtuelles des cas de bruits électromagnétiques et d'interactions champ proche dans les systèmes mobiles et mécatroniques.

Jean-Marc Dienot, Ioav Ramos, Paul-Etienne Vidal, Christophe Viguié, Bertrand Nogarède, Emmanuel Batista

### ► To cite this version:

Jean-Marc Dienot, Ioav Ramos, Paul-Etienne Vidal, Christophe Viguié, Bertrand Nogarède, et al.. Investigations multi physiques et expérimentations virtuelles des cas de bruits électromagnétiques et d'interactions champ proche dans les systèmes mobiles et mécatroniques.. Assemblée plénière "Interférences d'Ondes", GDR Ondes, Oct 2013, Dijon, France. hal-00944551

**HAL Id: hal-00944551**

**<https://hal.science/hal-00944551>**

Submitted on 14 Feb 2014

**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.



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 10578

**To cite this version:**

Dienot, Jean-Marc and Ramos, Ioav and Vidal, Paul-Etienne and Viguiier, Christophe and Nogarède, Bertrand and Batista, Emmanuel *Investigations multi physiques et expérimentations virtuelles des cas de bruits électromagnétiques et d'interactions champ proche dans les systèmes mobiles et mécatroniques*. In: Assemblée plénière "Interférences d'Ondes", GDR Ondes, 28 October 2013 - 30 October 2013 (Dijon, France)

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# Investigations multi physiques et expérimentations virtuelles des cas de bruits électromagnétiques et d'interactions champ proche dans les systèmes mobiles et mécatroniques.

J.M. Dienot<sup>1,2</sup>, I. Ramos<sup>1,3</sup>, P.E. Vidal<sup>1</sup>, C. Viguiier<sup>3</sup>, B. Nogarede<sup>3</sup>, E. Batista<sup>4</sup>

<sup>1</sup> : LGP, Laboratoire Génie Production, EA1905, INPT, Tarbes

<sup>2</sup> : LABCEEM, Plateforme R&IP, UPS, Tarbes

<sup>3</sup> : NOVATEM, Toulouse

<sup>4</sup> : ALSTOM Transport, Tarbes

jm.dienot@iut-tarbes.fr

## Résumé

Ce papier présente les études CEM menées sur des architectures électroniques mobiles et mécatroniques. Une première partie présente une synthèse de comportement électromagnétique à la fois sur les émissions de modules de puissance et sur l'immunité des modules de contrôle et commande associés. Les perspectives et études en cours sur les impacts CEM issus de la montée en fréquence de convertisseurs, actionneurs, et du rapprochement des signaux de commande dans le système sont présentées

## 1. Introduction

L'intégration de fonctions et modules électroniques et mécatroniques de plus en plus compacts et performants dans les systèmes mobiles entraîne de nouvelles problématiques CEM pouvant modifier l'intégrité des missions électriques du système. Nous travaillons sur ces aspects par une approche mixte visant à traduire ces effets par des investigations électromagnétiques, multi-physiques et électroniques (Expérimentation Virtuelle). Deux principaux aspects CEM dans les systèmes électroniques actuels sont présentés, incluant l'impact de l'environnement interne, comme la température:

-l'évaluation du bruit électromagnétique, du principalement aux commutations des différentes technologies de composants et de module de puissance utilisés dans les systèmes mécatroniques.

-l'immunité et la sensibilité des circuits et modules de contrôle et commande, fonctionnant principalement avec des formats PWM.

Les nouvelles techniques sur ces structures sont en évolution, sur toutes les parties électroniques d'un système mobile: nouvelles approches d'actionneurs et de motorisations haute fréquence, modules de puissances avec des matériaux grand gap (SiC), nouveaux design de busbar et connectiques de puissance, lois de commande et systèmes intégrés et multi-contrôle (Smart command), etc. Nous présentons les études et premiers résultats en cours sur l'impact CEM attendu de ces nouvelles performances et contraintes technologiques

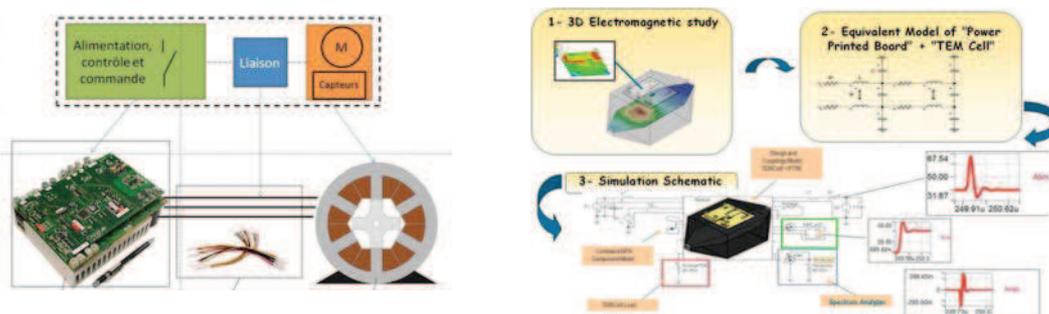


Fig. 1. Exemple d'architecture mécatronique et méthode de simulation orientée CEM associée (Expérimentation Virtuelle)

## 2. Comportements CEM de modules de puissance et de commande associés

Le rayonnement en mode commun et différentiel de différentes configurations et technologies de modules de puissance a été passé en revue. Les supports d'étude (substrats, PCB) ont été réalisés en laboratoire et comparés avec des structures industrielles. Les investigations expérimentales, préliminaires aux modélisations, ont été réalisées sur des bancs CEM dédiés (cellules TEM et Banc de Scan champ proche). Les figures suivantes montrent les principaux résultats comparés du comportement électromagnétique de ces dispositifs:

-en mode champ proche, les niveaux peuvent être assez importants vis-à-vis de perturbations et couplages avec d'autres structures: 5 à 15 V/m

-les pics d'émission maximale sont dans la gamme des radio fréquences: 10MHz à quelques centaines de MHz

-ces pics (résonance max. de la configuration) changent avec différentes technologies et différentes températures.

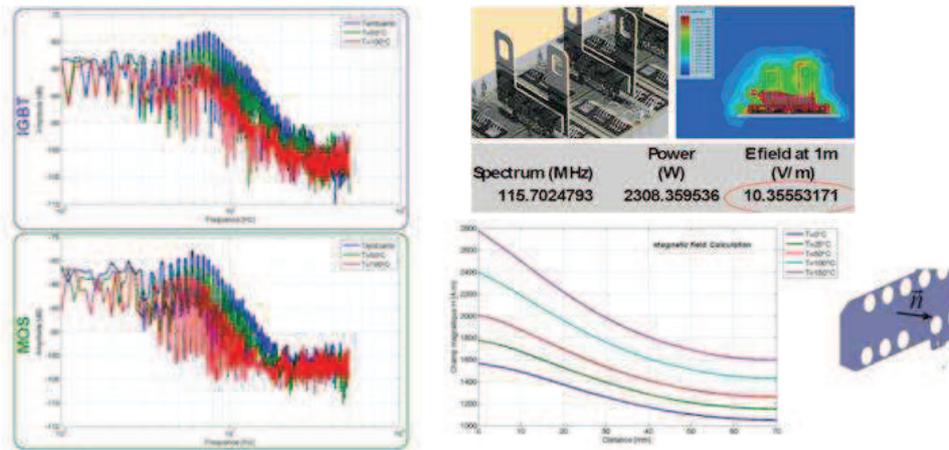


Fig. 2. Comportements électromagnétiques de configurations de puissance: IGBT, MOSPOWER, convertisseur, Busbar.

L'immunité et la susceptibilité des configurations de commande associées aux modules de puissance ont été étudiées. La forme d'onde originelle type PWM peut être modifiée par des agressions harmoniques et pulsées. Nous avons passé en revue ces différents comportements, sur des structures canoniques (C.I. sur PCB) et intégrées(FPGA). Deux principaux résultats sont visibles:

- la gamme de sensibilité maximale se situe sur des plages de 90 MHz à 400 MHz
- le niveau d'immunité est fortement abaissé (-20dB) en présence de température se situant vers les 70°-90°

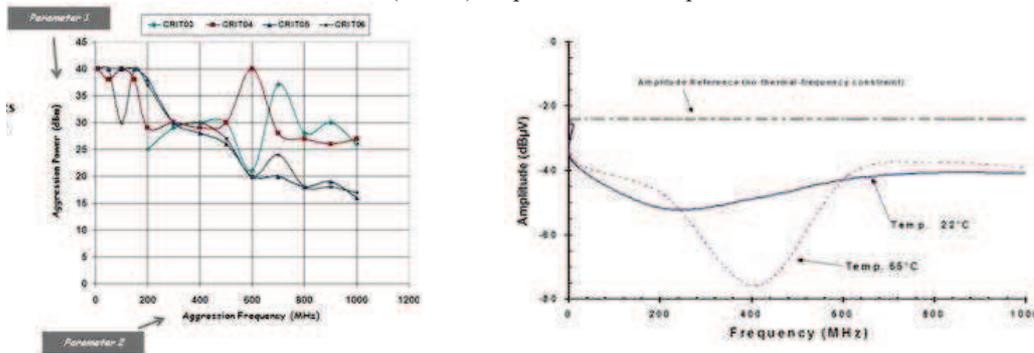


Fig. 3. Figures d'Immunité de commande PWM en technologie FPGA, suivant différents critères et en présence d'échauffement

### 3. Evolutions des comportements CEM des nouvelles structures mécatroniques.

Nous présenterons dans la communication les projets et travaux que nous avons démarrés, visant à prendre en compte les nouvelles architectures et modules électroniques envisagés pour accroître la performance des systèmes mobiles:

- les nouveaux composants de puissance et convertisseurs associées: l'utilisation d'interrupteurs a base de matériaux grand gap entraîne une performance accrue sur la commutation: tenue en haute tension, tenue en température(300°), temps de commutations réduits. De fortes modifications du spectre rayonné sont attendus.
- Les nouveaux matériaux associés a des configurations de bobinages visent a obtenir des actionneurs ultra-compact sans perte de performance(puissance, rendement). La modélisation fine de ces structures, vis a vis des éléments parasites activés par une utilisation a plus haute fréquence que les structures classiques doit permettre de maîtriser les aspects CEM et couplages nouveaux qui vont apparaitre dans ces actionneurs.
- Le rapprochement et l'integration des parties électroniques de commande et de contrôle (capteurs intégrés) nécessite un renforcement de la protection EM de ces structures. La température interne et de proximité devient également un élément multi-physique d'agression. Deux nouveau projets (EM\_Matrix, EM\_Protect) sont centrés sur cette problématique et seront présentés.

### 4. Bibliographie

- [1] E. Hoene and al., "Simulating electromagnetic interactions in high power density converters", IEEE PESC Conference, Recife, Brazil, 2005.
- [2] J.M. Dienot, "Investigations of electromagnetic behavior and interaction of motion control electronics devices.", in *Ultra-Wide-band Short Pulse Electromagnetic Book*, n°9, pp375-385, Springer Science, ISBN 978-0-387-77844-0, April 2010.
- [3] T. Timo and al., "Integrated Circuit Position Optimization for Reduced Electromagnetic Interferences on Mobile Devices", *EMC Europe Symposium, Hamburg (Germany), 2008.*
- [4] H. Medjahed, P.E. Vidal, J.M. Dienot and B. Nogarede, "Mechanical stress induced by electromagnetic forces on wire bonds of high power modules", in Proc. of International Symposium on Applied Electromagnetics, EUROEM2012, Toulouse (FR), 2-6 july, 2012.