



HAL
open science

Modèle d'estimation de la susceptibilité conduite à partir d'une injection champ proche entre 500 MHz et 2 GHz

Nicolas Castagnet, Fabien Escudié, Alexandre Boyer

► **To cite this version:**

Nicolas Castagnet, Fabien Escudié, Alexandre Boyer. Modèle d'estimation de la susceptibilité conduite à partir d'une injection champ proche entre 500 MHz et 2 GHz. Dixième Conférence Plénière du GDR Ondes, Dec 2023, Marseille (France), France. hal-04549173

HAL Id: hal-04549173

<https://laas.hal.science/hal-04549173v1>

Submitted on 17 Apr 2024

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.

Modèle d'estimation de la susceptibilité conduite à partir d'une injection champ proche entre 500 MHz et 2 GHz

N. Castagnet^{1,2}, F. Escudié¹, A. Boyer²

¹ : CEA, DAM, CEA-Gramat, F-46500 Gramat, France

² : LAAS-CNRS, Toulouse, France
 nicolas.castagnet@cea.fr

Résumé

Ce papier propose une méthodologie permettant de corréler une mesure d'immunité en champ proche (NFSI) avec un test en injection conduite entre 500 MHz et 2 GHz. Une validation expérimentale est effectuée sur des charges passives.

1. Introduction

L'utilisation de composants électroniques compactes et complexes est de plus en plus présente dans les systèmes électroniques modernes. La méthode d'injection conduite (DPI) [1] est souvent employée pour analyser le comportement des composants soumis à une agression électromagnétique intentionnelle. Cependant, elle est fortement intrusive et ne prend pas en considération l'environnement électromagnétique réel dans lequel le composant fonctionne. De plus, l'impédance de sortie du générateur RF peut avoir une influence sur le fonctionnement du dispositif sous test (DST). À l'inverse, le NFSI offre une alternative non intrusive [2] mais l'agression injectée au DST s'effectue sans contact avec celui-ci donc le couplage de la perturbation est différent de celui apparaissant dans le cas d'une injection conduite. Le lien entre les seuils de défaillance mesurés en DPI et en NFSI n'est pas évident et n'a pas d'antécédents dans la littérature. Cet article propose un modèle permettant d'estimer le résultat d'une injection conduite à partir du NFSI. La méthodologie est validée sur des cas simples, pour une fréquence comprise entre 500 MHz et 2 GHz.

2. Modélisation de la chaîne d'injection RF

On suppose qu'une défaillance apparaît au niveau du DST à une fréquence donnée pour une certaine tension V_{DST} appliquée sur une broche du composant, représenté par son impédance Z_{DST} . Son comportement est supposé quasi linéaire donc l'impédance reste constante en fonction de l'amplitude de la perturbation appliquée. Sur la figure 1, une onde a_1 est injectée via un générateur (V_G , Z_G) et une ligne d'impédance Z_C dans un quadripôle de paramètres $[S]$ qui modélise la chaîne d'agression.

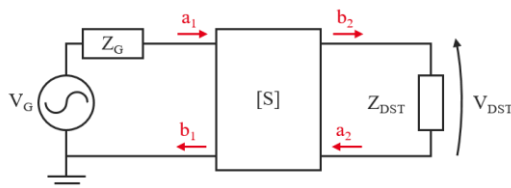


Figure 1. Schéma de la chaîne d'agression représenté avec une boîte de paramètres S .

$$V_{DST} = \frac{V_G}{2} \cdot S_{21} (1 + \Gamma_{DST}) \quad (1)$$

$$V_G^{NFSI} = V_G^{DPI} \cdot \frac{S_{21}^{DPI}}{S_{21}^{NFSI}} \quad (2)$$

On suppose que le générateur est adapté ($Z_G = Z_C$). Dans le cas d'une injection conduite comme la DPI, $S_{11} = S_{22} = 0$ mais cette hypothèse n'est juste en NFSI que si la ligne microruban sur laquelle se couple la sonde d'injection champ proche est adaptée 50Ω . On peut alors écrire l'équation (1). Si un défaut intervient pour une tension V_{DST}^{DPI} lors de l'injection d'une agression en mode conduit, celui-ci apparaît aussi lorsque la même tension est transmise au composant avec une sonde d'injection champ proche. La relation qui permet de déterminer l'amplitude V_G^{NFSI} du générateur RF en NFSI afin d'induire des effets identiques est $V_{DST}^{DPI} = V_{DST}^{NFSI}$ est alors donnée par (2). Cette équation va permettre d'extrapoler le résultat d'un test conduit à partir du NFSI.

3. Validation expérimentale sur des charges passives et deux types de couplage champ proche

Les paramètres [S] des composants des deux chaînes d'agression (DPI et NFSI) sont caractérisés à l'aide d'un PNA-X pour extraire les fonctions S_{21}^{DPI} et S_{21}^{NFSI} . Deux sondes sont utilisées pour valider le modèle avec différents types de couplage (magnétique et électrique). Une étape de calibration [3] permet de définir les fonctions K_H et K_E , correspondant respectivement à la correction à apporter en champ proche lors de l'utilisation d'une sonde magnétique ou électrique. D'après (2), $K_H = S_{21}^{DPI}/S_{21}^{NFSI}|_H$ et $K_E = S_{21}^{DPI}/S_{21}^{NFSI}|_E$.

La figure 2 est une synthèse des fonctions calculées ci-dessus.

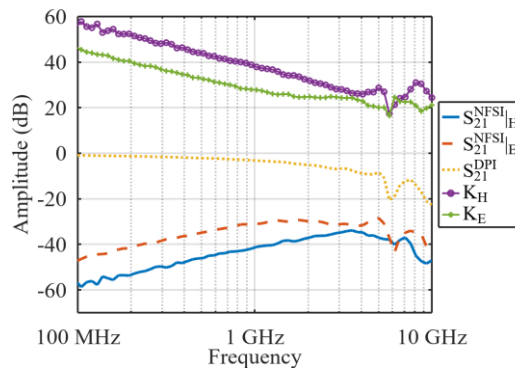


Figure 2. Fonctions de transfert S_{21} des techniques d'injections comparées (DPI et NFSI) pour différentes sondes (couplage magnétique H ou électrique E).

La validation expérimentale est menée entre 500 MHz et 2 GHz en raison du faible couplage des sondes d'injection en basse fréquence et de la bande passante limitée des instruments de mesure. L'amplitude V_G^{DPI} du générateur RF lors d'une agression en mode conduit est constante et la décroissance de la fonction de transfert S_{21}^{DPI} en DPI provient des pertes liées au coupleur utilisé. À l'inverse et comme le rappelle (2), la tension du générateur RF pour un test NFSI varie en fonction de la fréquence et du type de couplage pour induire le même niveau de tension au DST. La figure 3 montre les tensions mesurées aux bornes de composants de différentes impédances (réelles et complexes) : deux résistances (20 Ω et 1 k Ω) et un condensateur de 10 μ F.

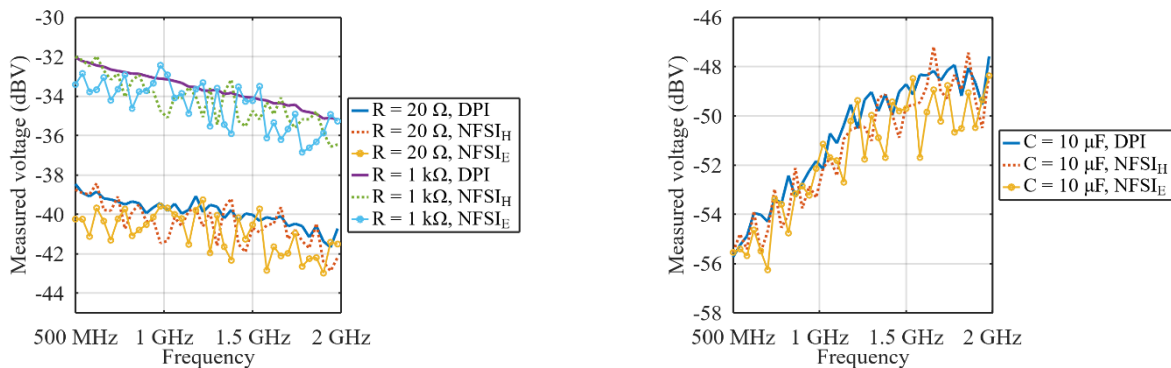


Figure 3. Tensions aux bornes de plusieurs composants pour différentes techniques d'injection (DPI, NFSI sonde magnétique et électrique).

Ces deux études de cas simples permettent de valider le modèle de corrélation champ proche et injection conduite pour un couplage magnétique et électrique sur des composants passifs linéaires. La même expérimentation a été effectuée sur d'autres valeurs de composants apportant une validation supplémentaire.

4. Conclusion

L'injection en champ proche est une technique prometteuse d'analyse de la susceptibilité EM d'un composant électronique de manière non intrusive. Cet article a proposé un modèle permettant d'estimer le résultat d'une injection conduite à partir du NFSI. Les fondements théoriques ont été validés sur des charges linéaires passives pour un couplage magnétique puis électrique. Par la suite, cette méthodologie sera éprouvée sur des composants non linéaires, des CI et des composants dont l'impédance est inconnue puis transposée dans des bandes de fréquences plus élevées.

5. Remerciements

Ces travaux sont soutenus financièrement par le Ministère des Armées – Agence de l'innovation de défense.

6. Bibliographie

- [1] IEC 62132-4, Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity – Part 9: Measurement of electromagnetic immunity 150 kHz to 1 GHz - Part 4: Direct RF power injection method, International Electrotechnical Commission, 2014.
- [2] IEC TS 62132-9, Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity – Part 9: Measurement of radiated immunity – Surface scan method, International Electrotechnical Commission, 2014.
- [3] A. Boyer, S. Bendhia, E. Sicard, “Modelling of a Mixed-Signal Processor Susceptibility to Near-Field Aggression”, IEEE Symposium on EMC, Hawaii, 2007.