

# Nouveau modèle de jonction équivalente pour l'analyse de l'absorption par un objet dissipatif en zone de champ réactif

*Benoît Derat\**, *Jean-Charles Bolomey\*\**

\* SAGEM SA, R&D Téléphonie Mobile, Cergy-Pontoise, benoit.derat@sagem.com

\*\* SUPELEC, Département de Recherches en Electromagnétisme, Gif, bolomey@supelec.fr

## Résumé

Nous présentons ici une nouvelle approche visant à caractériser les mécanismes d'absorption en champ proche dans une configuration quelconque de type source rayonnante – objet dissipatif. Cette approche repose sur un modèle de jonction micro-onde équivalente excitée par un ensemble de générateurs. Le modèle de jonction est appliqué, à titre d'illustration, à l'analyse de la dissipation dans un cylindre à pertes, exposé au champ d'un fil source.

Mots clés : Absorption, Diffraction, Champ proche, Développement modal, Circuit équivalent.

## Introduction

La technique analytique présentée ici permet de caractériser les mécanismes de pertes et l'influence des paramètres importants, dans une interaction en champ proche entre une source rayonnante et un objet dissipatif quelconques. Selon cette méthode, la dissipation est décrite en termes de transfert de puissance d'un ensemble de générateurs vers une charge multipôle. A partir de ce modèle, déduit du développement modal, les concepts de puissance disponible et de facteur de charge dans le champ électromagnétique peuvent être définis. Ces concepts sont appliqués ici à l'analyse de la puissance absorbée dans un cylindre homogène, exposé au rayonnement d'un fil source.

## 1. Application du développement modal à l'analyse des mécanismes d'absorption en champ proche

Considérons un volume cylindrique ou sphérique de rayon  $R$  et centré sur  $O$ , contenant un objet dissipatif quelconque (Figure 1a). Pour une source rayonnante donnée, le champ incident, pris à la surface de ce volume, peut être développé en une somme de modes entrants et sortants.

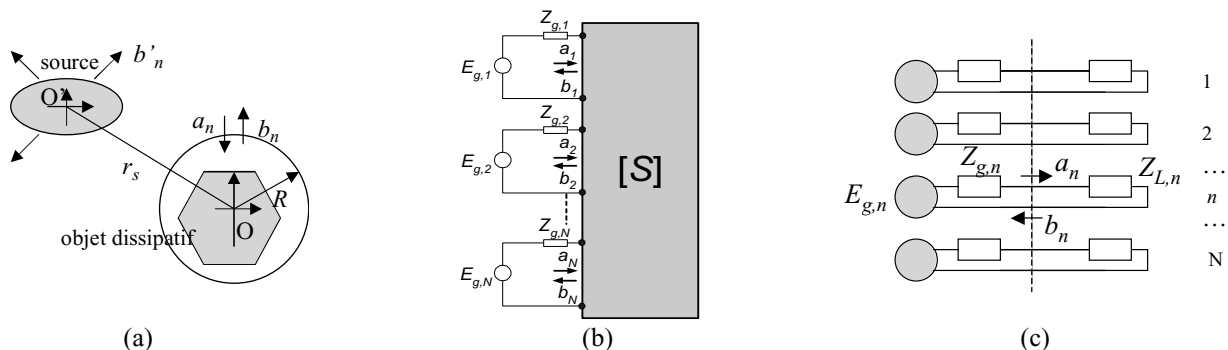


Figure 1 : (a) Source rayonnante en présence d'un objet dissipatif quelconque. (b) Schéma en jonction équivalente d'une source rayonnante en présence d'un objet à pertes quelconque de matrice de diffraction  $[S]$ . (c) Schéma en circuits équivalents d'une source rayonnante en présence d'un objet à pertes séparable (matrice  $[S]$  diagonale).

Il est alors possible de considérer que seuls les modes entrants délivrent de la puissance à l'intérieur de la région  $r < R$ , et que cette puissance est due, mode à mode, à un générateur équivalent. Ainsi, le

problème de transfert de puissance électromagnétique se réduit à celui d'un ensemble de générateurs excitant une jonction décrite par la matrice de diffraction [S], caractéristique de l'objet dissipatif (Figure 1b). Du fait des propriétés de coupure des fonctions d'ondes, on peut considérer que cette jonction possède un nombre fini  $N$  de ports. Pour un objet diffractant séparable, la matrice [S] est diagonale. Le modèle de jonction devient alors un ensemble de  $N$  circuits découplés (Figure 1c).

## 2. Transfert de puissance entre un fil source et un cylindre homogène à pertes

On applique le modèle en circuits équivalents au cas d'un cylindre homogène ( $\epsilon_r = 42.0$ ,  $\sigma = 1.0 \text{ S.m}^{-1}$ ) de rayon  $R$ , situé à la distance  $d$  d'un fil de courant constant. Ce cylindre est plongé dans l'air, ainsi que la source rayonnant une puissance  $P_{rad}$ , à la fréquence  $f$ . Le modèle de circuits équivalents permet d'interpréter l'influence des paramètres du problème sur la puissance totale absorbée par le cylindre (Figure 2a), en isolant notamment les contributions modales (Figure 2b).

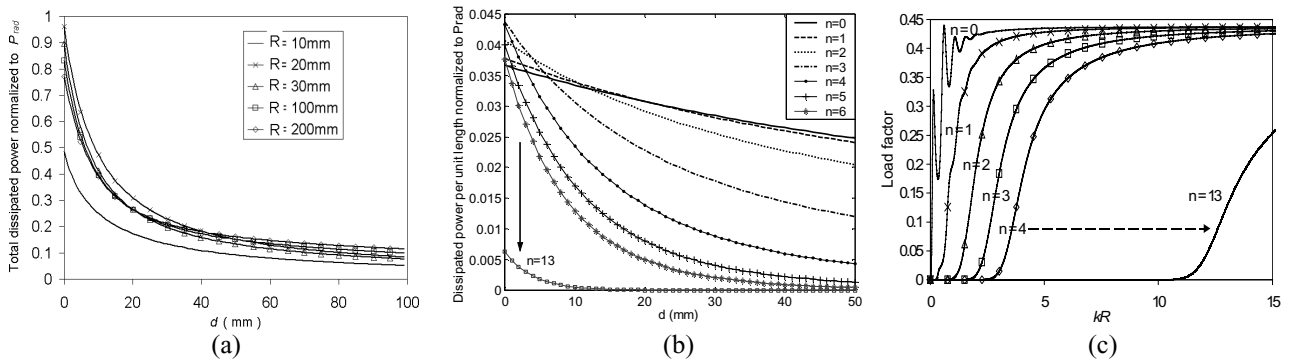


Figure 2 : (a) Puissance dissipée dans le cylindre normalisée à  $P_{rad}$  en fonction de  $d$ (mm) et pour différentes valeurs de  $R$ .  $f=900$ MHz. (b) Puissance dissipée par mode d'ordre  $n$  normalisée à  $P_{rad}$  en fonction de  $d$ (mm).  $R=100$ mm et  $f=900$ MHz. (c) Facteurs de charge modaux en fonction de  $kR$  et de l'ordre  $n$  du mode.  $f=900$ MHz.

La Figure 2b montre qu'en champ proche ( $d$  faible), contrairement au champ lointain, les modes d'ordres les plus faibles ne sont pas nécessairement les plus dissipatifs. Ceci s'explique en considérant le facteur de charge  $\gamma_{L,n}$ , représentant l'efficacité du transfert de puissance du générateur équivalent vers la charge équivalente pour le mode d'ordre  $n$ . Ce facteur de charge dépend uniquement des paramètres électriques et géométriques de l'objet diffractant, et du nombre d'onde  $k$  [1]. La Figure 2c montre que  $\gamma_{L,n}$  est d'autant plus faible que l'ordre  $n$  du mode est élevé. En outre, on montre que la puissance disponible en sortie du générateur équivalent d'ordre  $n$  croît rapidement avec  $n$  [1], et ce d'autant plus que la source est proche de la charge. Ainsi, le facteur de charge faible d'un mode d'ordre élevé peut être compensé, en champ proche, par une forte puissance disponible. D'autre part, lorsque  $R$  devient grand,  $\gamma_{L,n}$  tend vers  $\gamma_{pw}$  pour tout  $n$  [1],  $\gamma_{pw}$  étant le coefficient de transmission d'une onde plane arrivant orthogonalement sur un diélectrique plan. Pour un rayon  $R$  suffisamment important,  $\gamma_{L,n} \leq \gamma_{pw}$  quel que soit  $n$  (Figure 2c,  $\gamma_{pw} \approx 44\%$ ).

## Conclusion

Bien que ce nouveau modèle de jonction équivalente soit appliqué ici à la caractérisation de l'absorption dans une configuration simple, il permet déjà de souligner des tendances intéressantes dans les mécanismes de pertes en champ proche. De plus, nos travaux en cours montrent qu'il est possible d'étendre cette technique à des problèmes plus complexes, tels que celui du DAS (Débit d'Absorption Spécifique), pour lequel la source peut être un téléphone mobile et l'objet dissipatif, un modèle d'utilisateur. Enfin, comme le démontreront des publications à venir, cette approche en jonction équivalente permet d'obtenir des limites de dissipation minimale et maximale pour une configuration source - objet à pertes quelconque, et de relier celles-ci à la puissance totale rayonnée.

## Références bibliographiques

- [1] Derat, B. et J.-Ch. Bolomey, "A new equivalent circuit approach for power dissipation analysis in reactive field regions", COST273, Duisburg, Allemagne, Sep. 2004.