



## L'ÉLECTROMAGNÉTISME, 150-1 UNE SCIENCE EN PLEINE ACTION !

### Caractérisation d'antenne basée sur la Méthode du Développement en Singularités

#### Antenna Characterization based on Singularity Expansion Method

---

*F. Sarrazin<sup>\*</sup>, A. Sharaiha<sup>\*</sup>, P. Pouliguen<sup>\*\*</sup>, P. Potier<sup>\*\*\*</sup> and J. Chauveau<sup>\*\*\*</sup>*

*\*Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes, Université de Rennes 1, France, {francois.sarrazin, ala.sharaiha}@univ-rennes1.fr*

*\*\* Direction Générale de l'Armement, DS/MRIS, Bagneux, France, philippe.pouliguen@dga.defense.gouv.fr*

*\*\*\* Direction Générale de l'Armement, MI, Bruz, France, {patrick.potier, janic.chauveau}@dga.defense.gouv.fr*

---

*Mots-clefs* : Caractérisation d'antennes, Méthode du Développement en Singularités, Pôles de résonance, Matrix Pencil.

*Keywords* : Antenna Characterization, Singularity Expansion Method, Complex Natural Resonance, Matrix Pencil.

---

#### Résumé

La méthode du développement en singularités (SEM) permet de modéliser la réponse d'un objet à l'aide d'une somme d'exponentielles amorties correspondant à des pôles de résonance. Les pôles de résonance présentent l'avantage d'être indépendants de l'angle d'observation et la SEM a donc été largement étudiée dans le domaine radar pour la détection et l'identification d'objets tels que les avions, les mines, etc. L'objectif de ces travaux est d'appliquer la SEM dans un contexte antennaire afin d'obtenir une caractérisation unique et compacte d'une antenne. Une limitation de la SEM est la sensibilité de l'extraction des pôles de résonance en présence de bruit. Plusieurs méthodes sont donc comparées afin de définir le meilleur moyen d'extraire les pôles d'une antenne.

#### 1. Contexte

Depuis de nombreuses années, la technologie dite Ultra Large Bande (ULB) par impulsions radioélectriques a été largement utilisée dans les applications radars civiles et militaires. Le comportement des cibles en présence d'impulsions très courtes a été souvent étudié et analysé dans le contexte des radars ULB, dans les domaines temporel et fréquentiel, à l'aide notamment de la méthode SEM. Cependant, peu d'études ont été consacrées à l'analyse des antennes par cette méthode de traitement du signal.

Actuellement, la caractérisation des antennes ULB nécessite des campagnes de mesures relativement longues avec une instrumentation qui peut être complexe [1]. La précision de certaines caractéristiques comme le gain ou l'efficacité ne peut être atteinte qu'après le respect de règles très strictes tant du point de vue instrumental que mécanique. La mesure du gain, par exemple, est particulièrement délicate à effectuer et nécessite une phase de calibrage précise (chemins radioélectriques pouvant être différents entre la mesure de l'antenne et de l'étalon). Pour tout essai, le signal radiofréquence doit être acheminé à l'antenne par l'intermédiaire d'un câble. Ce câble n'est pas sans effet sur la mesure et perturbe la quantification des niveaux faibles du diagramme de rayonnement. Un relevé expérimental de type SER permettrait d'éviter bon nombre de ces contraintes. Cette approche résoudra le problème de la mesure très délicate des antennes miniatures, voire ultra-miniatures, du futur. D'autre part, le volume de données nécessaire à la caractérisation des antennes ULB est énorme ; la technique proposée ici a pour but de le réduire considérablement.

#### 2. Travaux

Les travaux présentés ici portent donc sur la caractérisation d'antennes à partir de la SEM [2] appliquée à la SER d'antennes. La SEM est une technique permettant de représenter la signature électromagnétique d'un système (obstacle radar ou antenne) à l'aide d'un développement en série de fréquences complexes appelées Coefficients Naturels de

Résonance (CNR) ou pôles naturels de résonance. La recherche des CNR et de leurs résidus associés peut se pratiquer dans le domaine temporel sur la partie en temps retardé de la réponse impulsionnelle d'un objet par les méthodes de type « Prony » [3] ou « Matrix Pencil » [4], ou dans le domaine harmonique sur sa fonction de transfert par la méthode de type « Cauchy » [5-6]. L'information contenue dans les CNR peut fournir des indications sur l'objet sous test. Ces informations ont l'avantage d'être indépendantes de l'excitation et de l'angle d'incidence de l'onde radar sur l'objet.

La première partie de ce travail consiste à utiliser ces trois algorithmes pour modéliser des réponses d'antennes et montrer l'efficacité de la SEM dans le compactage des données. Sur plusieurs types d'antennes (faible bande, large bande, monopôle, antenne planaire), nous montrons par simulation qu'il est possible de modéliser la réponse d'une antenne à l'aide de la SEM avec un jeu restreint de paramètres. Pour exemple, la cartographie de pôle d'un dipôle de 33.75 mm avec un rapport longueur sur diamètre de 30, est présentée sur la figure 1 ci-dessous. Chaque pôle est associé à une résonance du dipôle.

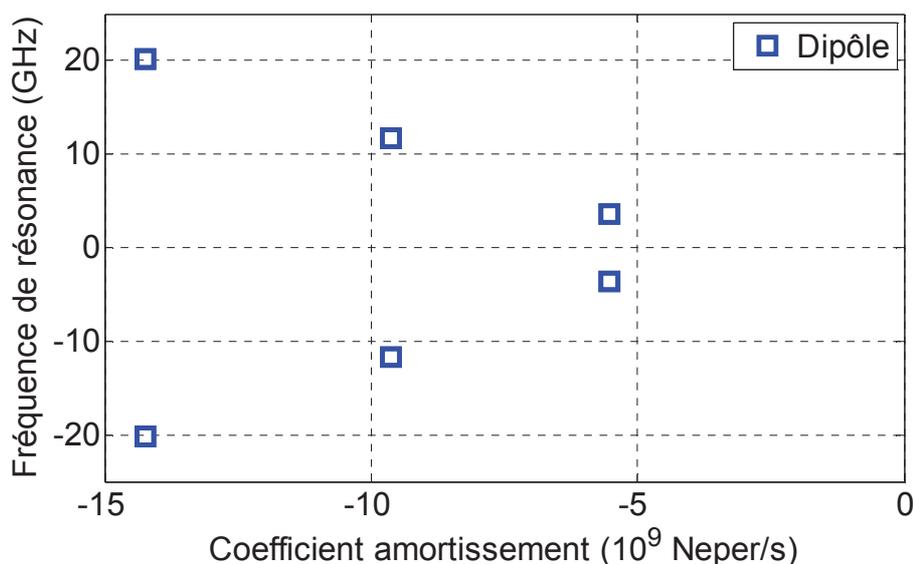


Figure 1 - Pôles d'un dipôle de 33.75 mm.

Une limitation classique de la SEM est sa grande sensibilité au bruit pour l'obtention précise des pôles de résonance. La seconde partie de ce travail consiste donc à déterminer la méthode la plus adaptée à l'extraction de pôles dans le contexte antennaire en milieu bruité. Différents moyens sont étudiés et comparés afin d'améliorer ces algorithmes : utilisation de l'autocorrélation, lissage ou moyennage de la réponse, application d'une fenêtre glissante [7], sélection des pôles dominants [8], leur robustesse au bruit est comparée. Cette étude a permis de conclure que la méthode Matrix Pencil basée sur l'approche des moindres carrés totaux, permet d'obtenir plus de pôles et de façon plus précise que les autres méthodes lorsque le rapport signal à bruit diminue. De plus, cet algorithme est simple et facile à manipuler et optimiser. Nous comparons également les pôles obtenus à partir de mesure de SER pour une charge donnée à ceux obtenus en rayonnement. Nous montrons que, pour une même charge, les pôles obtenus dans ces deux conditions différentes sont identiques. La SEM peut donc être appliquée sur des mesures de SER afin de pallier les problèmes d'excitation liés aux câbles dans le cas d'une antenne miniature par exemple.

La troisième partie de ce travail est consacrée à la caractérisation proprement dite des antennes à partir des pôles de résonance extraits. Chaque pôle correspond à une résonance de l'antenne et un lien direct avec l'impédance d'entrée de l'antenne peut être fait. Il est également possible de déterminer le facteur de qualité de l'antenne en fonction. De plus, les pôles permettent d'obtenir des informations intéressantes sur la forme générale de l'antenne. Si les résidus sont connus dans chaque direction, il est alors possible de reconstruire le diagramme de rayonnement pour chaque fréquence [9]. Cette méthode permet également de compacter fortement les données ce qui est particulièrement intéressant pour les antennes ULB.

### Références bibliographiques

- [1] C. Marchais. « Conception et caractérisation compacte temporelle / fréquentielle d'antennes pour applications ultra large bande », Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2006.
- [2] C. E. Baum, « On the singularity expansion method for the solution of electromagnetic interaction problems », *EMP Interaction Note 8*, Air Force Weapons Laboratory, Kirkland AFB, New Mexico, 1971.
- [3] R. Prony, « Essai expérimental et analytique sur les lois de la dilatabilité de fluides élastiques et sur celles de la force expansive de la vapeur d'alcool », *Journal de l'école polytechnique*, vol. 1, no 22, pp. 24-80, 1795.
- [4] Y. Hua and T. K. Sarkar, « Matrix pencil method for estimating parameters of exponentially damped/undamped sinusoids in noise », *IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 38, no 5, pp. 814-824, 1990.
- [5] A. L. Cauchy, « Sur la formule de Lagrange relative à l'interpolation, » *Analyse Algébrique*, Paris, 1821.

- [6] R. Adve and T. Sarkar, « The effect of noise in the data on the cauchy method », *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 7, no 5, pp 242-247, 1994
- [7] W. Liang, H. Kang and L. Yao, « Detection of power system oscillation using moving window Prony method », International Conference on Power System Technology, 2010.
- [8] J. Chauveau, N. De Beaucoudray and J. Saillard, « Selection of contributing natural poles for the characterization of perfectly conducting targets in resonance region », *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no 9, pp 2610-2617, Sep. 2007.
- [9] S. Licul and W. A. Davis, « Unified frequency and time-domain antenna modeling and characterization », *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no 9, pp. 2882–2888, 2005.