



**HAL**  
open science

## Mesure de la SER de végétaux en propagation avant – Aspect expérimental

Franck Daout, Mohamed-Said Amara, Françoise Schmitt, Thomas Delattre

► **To cite this version:**

Franck Daout, Mohamed-Said Amara, Françoise Schmitt, Thomas Delattre. Mesure de la SER de végétaux en propagation avant – Aspect expérimental. Journées du GDR ondes 2451 "interférences d'ondes"- Assemblée générale, Oct 2017, Sophia Antipolis, France. hal-02733581

**HAL Id: hal-02733581**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02733581v1>**

Submitted on 2 Jun 2020

**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.

## Mesure de la SER de végétaux en propagation avant – Aspect expérimental

F. Daout<sup>1</sup>, Said Amara<sup>1</sup>, F. Schmitt<sup>1</sup>, T. Delattre<sup>2</sup>

<sup>1</sup> : lab. SATIE, ENS Cachan, CNRS Universud, France

<sup>2</sup> : INRA, unité PSH, UR 1115, Avignon  
fdaout@parisnanterre.fr

### Résumé

Cet article présente une méthode expérimentale permettant de déterminer la Surface Équivalente Radar de végétaux mesurée en propagation avant pour une fréquence variant entre 2 GHz et 18 GHz et pour deux polarisations. Ce travail s’inscrit dans le cadre plus général du projet RHADAR visant à développer un radar harmonique pour suivre le déplacement de petits animaux dans leur milieu naturel. Cette étude a pour objectif de caractériser l’influence des végétaux sur la propagation du signal radar. Ce papier décrit la campagne de mesure réalisée en juin 2017 dans la chambre anéchoïde Boris Vian de l’IUT de Ville d’Avray.

### 1. Introduction

Le projet RHADAR vise le déploiement d’un système radar harmonique multistatique [1] afin d’observer le déplacement de petits animaux dans leur milieu naturel. L’utilisation du concept de radar harmonique permet de s’affranchir du bruit de clutter. La notion de multistatisme est un apport important dans le suivi de trajectoire. Dans ce contexte, afin de spécifier le système radar, il est important de choisir la fréquence. Une fréquence trop faible entraîne un système anténaire de taille importante contraire à la nécessaire miniaturisation. Une fréquence trop grande conduit à une atténuation trop importante. Une campagne de mesure pendant le mois de juin 2017 a été réalisée pour quantifier ces paramètres. Deux étapes ont été suivies : (i) mesure en chambre anéchoïque en présence ou non d’un ficus, (ii) mesure en espace libre en présence de diverses plantes. Ce papier se focalise sur la mesure en chambre anéchoïque avec la plate-forme Boris Vian [2] et notamment sur la mesure de la Surface Équivalente Radar en propagation avant. Après avoir décrit la méthodologie, une première évaluation des incertitudes de mesure est menée. Des résultats sont présentés.

### 2. Description de la mesure

La plante étudiée est un *Ficus benjamina* de 80 cm. Il comporte 1014 feuilles, avec une surface moyenne de feuille de 46 cm<sup>2</sup>. La surface totale de son feuillage peut être inscrite dans une sphère d’un diamètre de 1,7 m, entraînant une densité moyenne de feuille de 394 feuilles/m<sup>3</sup>. La mesure est réalisée dans la chambre anéchoïde Boris Vian de l’IUT de Ville d’Avray [2] pour une fréquence variant entre 2 GHz et 18 GHz. La distance entre la plante et l’antenne d’émission permet de répondre à la condition champ lointain. Le système de mesure est composé de deux antennes Flann DP240 et d’un analyseur de réseaux ZVB20. Un actionneur permet de faire tourner la plante sur un angle azimut entre 0 et 360°. Trois sphères PEC de diamètres 100 mm, 65 mm et 38 mm sont utilisées comme cibles étalons. La cible de 100 mm sert pour la calibration et les cibles de 65 et 38 mm permettent de vérifier l’étalonnage. Une mesure d’environnement (chambre vide) est réalisée en début et en fin de campagne. Ces mesures sont ensuite comparées pour identifier les dérives.

Pour chaque mesure, la démarche suivante est suivie: (1) Mesure chambre vide  $S_{21vide}$  : cette mesure est réalisée sans la plante. Elle correspond à une mesure de propagation. (2) Mesure plante  $S_{21}$  : pour chaque position azimut de la plante, le paramètre  $S_{21}$  est mesurée. (3) Calibration de la mesure :

$$S(f)=v(f)\{S_{21}(f) - S_{21vide}(f)\} \quad \text{(Equation 1)}$$

avec  $v(f)$  le vecteur de calibration. (4) Filtrage distance : la soustraction cohérente réduit notablement les effets d’environnement ; néanmoins certains écho indésirables peuvent encore apparaître. Pour limiter leurs effets, un filtre distance est appliqué. Pour cela, le signal fréquentiel est transformé dans l’espace temps par une transformée de Fourier inverse. Dans le domaine temps, le signal est fenêtré en ne conservant que sa partie significative. Une transformée de Fourier permet de reconstruire le signal fréquentiel.

### 3. Analyse des résultats

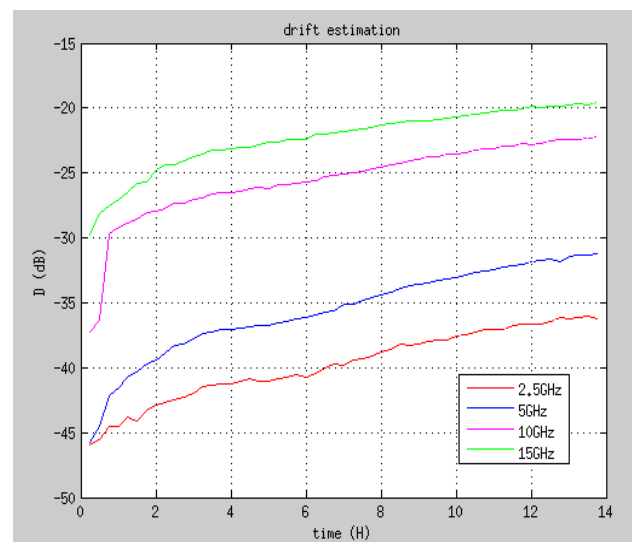


Figure (1) Efficacité de la soustraction chambre vide en fonction du temps pour  $\Delta f=500\text{MHz}$  pour différentes fréquences.

Afin de quantifier la dérive, une mesure chambre vide à été réalisée pendant 14 H avec une période de 15 minutes. La formule suivante est utilisée pour rendre compte de l’efficacité de la soustraction :

$$D(f_0, t_i) = \frac{1}{N} \sum_{f_0-\Delta f}^{f_0+\Delta f} \left| \frac{S_{21}(f, t_i) - S_{21}(f, t=0)}{S_{21}(f, t_i)} \right|^2 \quad \text{(Equation 2)}$$

La figure (1) présente  $D$  en fonction du temps pour 4 valeurs de fréquence  $f_0$ . L’effet de la fréquence est important mais l’erreur reste acceptable tant que l’écart temporel entre la mesure et la référence reste inférieure à une heure. Cette dérive est attribuée principalement à

Sophia Antipolis 23-25 Octobre 2017

la dérive thermique de la chambre non climatisée (mesures réalisées en juin pendant une période de canicule). La figure 2 présente la pertinence de la mesure. La SER de la sphère de 38mm a été mesurée et comparée à l'équation de Mie et à l'approximation de l'optique physique. Une très bonne adéquation est observée (figure 2).

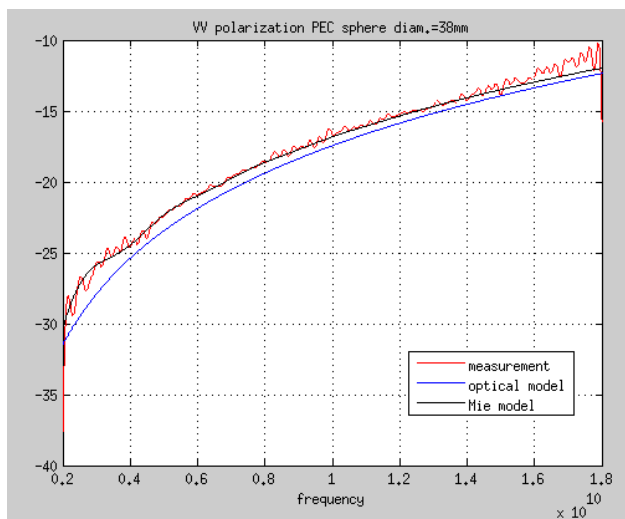


Figure (2) Efficacité de la calibration pour une sphère PEC de diamètre 38mm.

Les figures 3 et 4 présentent les variations de la SER du ficus en propagation avant en fonction de sa position azimutale. L'effet de la fréquence est très marqué. En basse fréquence (2 GHz), l'hypothèse de l'optique géométrique n'est pas valide et la position de la plante a peu d'effet sur la SER. Pour la bande de fréquence haute, le comportement est différent : la SER est directement liée à la densité de feuilles présentes entre l'émetteur et le récepteur. En effet, cette densité varie fortement en fonction de la position de la plante. Elle est maximale pour des angles de 60° (-120°) et minimale pour la position 10°. Dans ce dernier cas, très peu de feuilles sont présentes sur l'axe du radar.

## 4. Conclusion

Dans ce papier, nous avons réalisé une campagne de mesure pour rendre compte de l'atténuation de végétaux sur une liaison RF entre 2 et 18 GHz. Nous avons montré l'utilité de la mesure de la SER en propagation avant qui, sous certaines conditions, nous renseigne sur la dimension de la cible (dans notre cas de sa densité de feuillage) et ce indépendamment de sa nature. Nous avons également souligné l'importance de cette mesure vis-à-vis de la sensibilité du moyen de mesure. En effet, la SER observée en propagation avant est généralement beaucoup plus importante que celle observée sous une autre direction (notamment en rétrodiffusion). Toutefois, il faut faire attention à l'aspect mesure qui ne supporte pas de dérive. Une faible perturbation entraîne une erreur de mesure importante. Une estimation de l'erreur de dérive a été proposée.

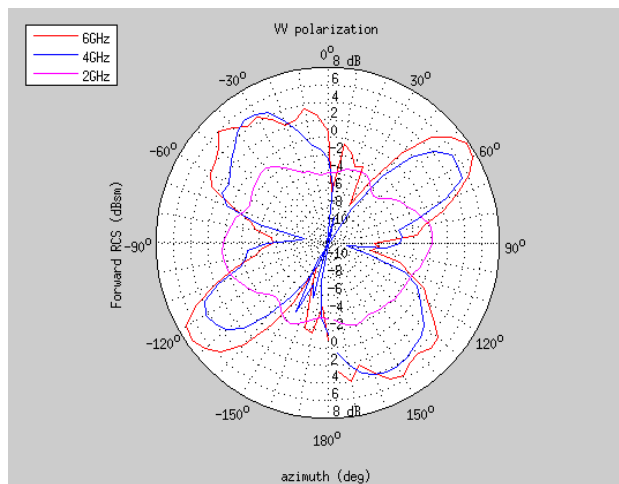


Figure (3) : Variation de la SER en propagation avant en fonction de la position de la plante - Bande de fréquence basse.

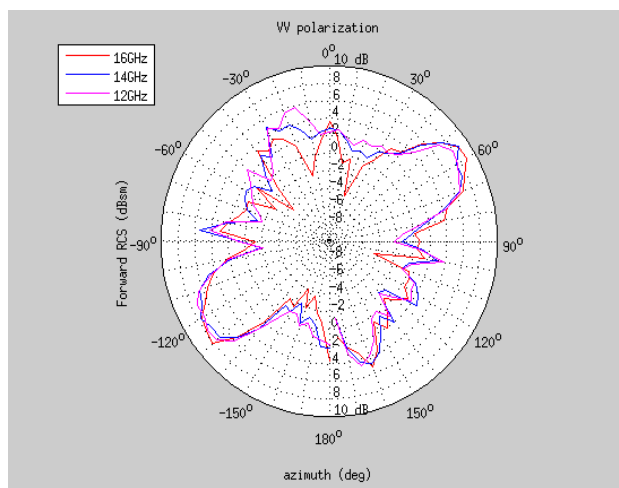


Figure (4) : Variation de la SER en propagation avant en fonction de la position de la plante - Bande de fréquence Haute.

## 5. Bibliographie

- [1] F. Daout, F. Schmitt, T. Delattre, « Conception d'un Radar harmonique pour étudier la dispersion du Carpocapse des pommes », GDR Ondes, Lyon 2015
- [2] F. Daout, F. Schmitt, “Analysis of a bistatic Radar Cross Section measurement capability for the Boris Vian anechoic chamber”, in CAMA : *IEEE International Conference on Antenna Measurements & Applications*, 2014.
- [3] C. Larsson, M. Gustafsson, « Wideband Measurements of the Forward RCS and the Extinction Cross Section », *ACES Journal*, vol. 28, N°12, December 2013.