

# Caractérisation de l'interaction du champ électromagnétique avec un environnement forestier dans les bandes VHF et P.

---

Hélène Roussel<sup>1</sup>, Huy Nguyen<sup>1</sup>, Youmni Ziadé<sup>1</sup>, Marc Lesturgie<sup>2,3</sup> et Walid Tabbara<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Département de Recherche en Électromagnétisme (DRÉ/L2S)

Supélec, Plateau de Moulon, 91 192 Gif sur Yvette

[helene.roussel@lss.supelec.fr](mailto:helene.roussel@lss.supelec.fr)

<sup>2</sup>ONERA, DEMR

Chemin de la Hunière, 91 761 Palaiseau Cedex

[marc.lesturgie@onera.fr](mailto:marc.lesturgie@onera.fr)

<sup>3</sup>SONDRA/Supélec

## Résumé

Nous avons développé un modèle permettant de caractériser le champ dans un environnement forestier éclairé en champ proche ou lointain par un rayonnement électromagnétique. Ce modèle est validé dans la bande de fréquence 50-400 MHz (VHF et P). Le calcul du champ diffracté par une parcelle de forêt est basé sur la représentation intégrale du champ électrique, il nous permet de connaître en un point quelconque toutes les composantes du champ en amplitude et phase. Les applications de cette méthode «full wave» sont d'une part la détection de cibles placées sous un couvert forestier et d'autre part, l'étude de la propagation du champ électromagnétique dans la forêt.

Mots clés : forêt, détection de cible, VHF, bande P, propagation.

---

## Introduction

L'étude de l'interaction du champ électromagnétique avec la forêt est depuis dix ans un sujet d'intérêt constant en télédétection [1], [2] et [3]. Afin de mieux interpréter les images ou données recueillies par un radar spatioporté ou aéroporté, il est nécessaire de développer des modèles permettant de «prédire» le champ diffusé par une parcelle de forêt. Les bandes de fréquences utilisées en télédétection pour l'observation de forêts sont souvent des fréquences basses (bande VHF, P ou C). En effet, ces bandes de fréquences permettent à l'onde d'interagir avec les parties de la forêt localisées sous la canopée, donnant ainsi une information sur les zones non visibles. Pour développer un modèle de forêt réaliste il faut d'une part définir une représentation de la parcelle observée la plus proche possible de la réalité terrain et d'autre part un modèle électromagnétique assez précis permettant d'intégrer le mieux possibles toutes les interactions. Nous proposons dans cet article un modèle basé sur la représentation intégrale de volume du champ électrique permettant de définir en tout point le champ diffracté par une parcelle de forêt éclairée par un dipôle élémentaire ou une onde plane dans la bande de fréquence (50-400 MHz).

## 1. Le Modèle

### 1.1 La représentation de la forêt

Afin de pouvoir appliquer un modèle électromagnétique permettant d'intégrer toutes les interactions possibles entre les éléments de la parcelle observée, nous avons choisi une représentation de la forêt relativement simple. Cette représentation est toutefois justifiée car nous nous intéressons à la propagation des ondes basses fréquences qui ne sont sensibles qu'aux éléments de grandes dimensions par rapport aux longueurs d'ondes considérées (ici troncs et branches primaires). Nous négligeons donc dans un premier temps l'effet du feuillage qui est considéré comme transparent. De plus la rugosité du sol n'est pas prise en compte car elle est de faible amplitude relative. Les troncs et les branches sont représentés par des parallélépipèdes de permittivité égale à celle du bois et le sol par une interface plane air/sol placée à la base des troncs (voir figure 1). Les constantes diélectriques des arbres et du sol dépendent de l'humidité et sont définies par la partie réelle et imaginaire des permittivités relatives complexes  $\epsilon_{\text{bois}}$  ou  $\epsilon_{\text{sol}}$ . Les arbres sont placés de façon déterministe sur une parcelle de côtés  $\square x$ ,  $\square y$ .

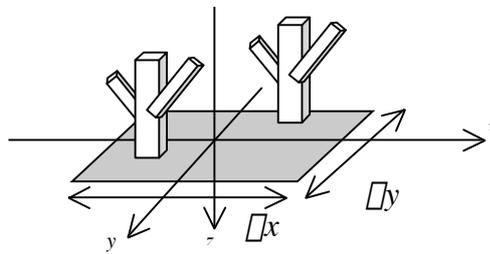


Figure 1 Représentation de forêt pour le calcul de l'interaction avec un champ électromagnétique

## 1.2 Le calcul du champ diffracté

Pour le calcul du champ diffracté nous résolvons l'équation intégrale en volume du champ électrique. Pour cela, il est nécessaire de déterminer dans un premier temps la réponse élémentaire du problème de référence considéré (fonction de Green). Pour le problème de référence illustré en 1.1, il s'agit d'un dipôle élémentaire d'orientation arbitraire placé au dessus du sol.

Pour résoudre l'équation intégrale nous utilisons une méthode de moments en discrétisant les troncs et les branches en cellules élémentaires cubiques de côtés de l'ordre de  $\lambda_{\text{bois}}/10$  où  $\lambda_{\text{bois}}$  est la longueur d'onde dans les troncs et les branches. Ainsi pour calculer le champ diffracté en tout point il est nécessaire de résoudre un système linéaire de  $3N$  équations où  $N$  est le nombre de cellules permettant de mailler l'ensemble des arbres présents sur la parcelle observée.

## 2. Application à l'imagerie SAR

Nous avons pu grâce à ce modèle réaliser des images SAR pour les différentes polarisations (HH, VV, VH et HV) et étudier ainsi la possibilité de détecter une cible placée au milieu d'un ensemble d'arbres. Sur la figure 2, la variation de l'intensité de l'image SAR 2-D (en polarisation VV) en fonction des coordonnées (x,y) est donnée pour une zone de  $12\text{m}^2$ . Pour construire cette image il est nécessaire de calculer le champ diffracté pour une scène donnée pour différentes fréquences (entre 50 et 250 MHz) et incidences en azimut.

Les emplacements des quatre arbres et de la cible sont représentés par des carrés aux contours noirs (la cible est placée entre les quatre arbres). Cette polarisation est favorable à la détection de la cible et des troncs d'arbres. L'étalement des images des deux arbres localisés en  $x = 2\text{m}$  peut s'expliquer par l'effet du sol (interaction sol-tronc). Les trois autres polarisations donnent des résultats comparables avec moins de précision pour les polarisations croisées.

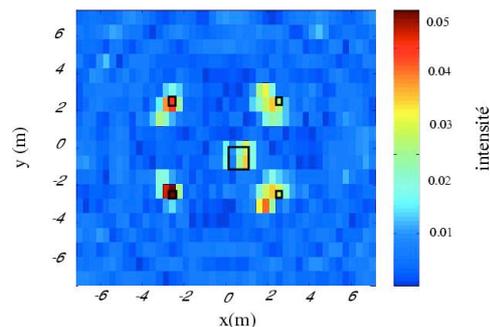


Figure 2 Image SAR en polarisation VV d'un ensemble composé de 4 arbres et une cible.

## 3. Application à l'étude de la propagation en milieu forestier

Nous menons aussi une étude sur la propagation d'une onde basse fréquence dans une forêt composée d'un ensemble important d'arbres. Pour cela nous utilisons le même modèle que précédemment pour une source localisée au milieu d'un ensemble d'arbres et nous étudions le champ transmis à un récepteur placé à l'extérieur ou dans la forêt.

## Conclusion

Nous avons développé un modèle permettant de caractériser d'une part le champ diffracté par une parcelle de forêt et d'autre part la propagation d'un champ dans un environnement forestier dans les bandes VHF et P. Les applications sont la détection de cibles placées sous le couvert et l'étude de l'affaiblissement d'une onde se propageant dans un environnement forestier.

## Références bibliographiques

- [1] H. Israelsson & al., A coherent scattering model to determine forest backscattering in the VHF-band, IEEE Trans. on geoscience and remote sensing, n° 1, 2000.
- [2] G. Picard & al., Radiative transfer modeling of cross-polarized backscatter from pine forest using the discrete ordinate and eigenvalue method, IEEE Trans. on geoscience and remote sensing, n° 8, 2004.
- [3] Y. Lin & al., A monte carlo coherent scattering model for forest canopies using fractal-generated trees, IEEE Trans. on geoscience and remote sensing, n° 1, 1999.