

Caractérisation Micro-Ondes à l'aide de Machines à Vecteurs Supports

T. Hacib, Y. Le Bihan, H. Acikgoz, O. Meyer, et L. Pichon

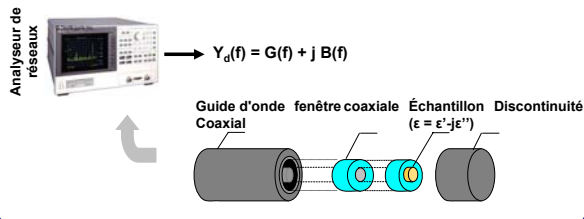
Laboratoire de Génie Electrique de Paris, Supélec, UMR 8507 CNRS, UPMC Univ. Paris 06, Univ. Paris-Sud 11
11 Rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France
Email: Tarik.hacib@lgep.supelec.fr



Introduction

- cette étude présente, une méthodologie de caractérisation micro-ondes de matériaux diélectriques basée sur la combinaison des machines à vecteurs supports (SVM) et de la méthode des éléments finis (MEF)
- La cellule de mesure est constituée d'une discontinuité entre un guide coaxial et un guide d'onde cylindrique rempli du matériau étudié.
- Un matériau étalon (éthanol) a été caractérisé. Les résultats obtenus par SVM ont été comparés avec ceux obtenus avec une procédure itérative.

Procédé de caractérisation



Approximation de fonctions par SVM

➢ Ensemble de données $D = (x_i, y_i)_{i=1}^N$, $x_i \in R^n$, $y_i \in R$ que l'on veut approximer au moyen d'une fonction non linéaire,

$$f(x) = w^T \phi(x) + b$$

$w \in R^n$ est le vecteur des poids, $\phi(\cdot): R^n \rightarrow R^m$ est une fonction non linéaire qui transforme l'espace d'entrée en un espace de dimension supérieure, b est le terme de biais.

➢ L'objectif est de résoudre le problème d'optimisation :

Terme de régularisation Terme d'erreur

$$\text{Minimiser } \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{k=1}^N (\xi_k + \xi_k^*) \text{ avec } \begin{cases} y_k - w^T \phi(x_k) - b \leq \varepsilon + \xi_k \\ w^T \phi(x_k) + b - y_k \leq \varepsilon + \xi_k^* \\ \xi_k, \xi_k^* \geq 0 \end{cases}$$

ε est l'erreur maximale admise sans pénalité
 ξ, ξ^* sont des variables de relaxation pénalisant les erreurs supérieures à ε

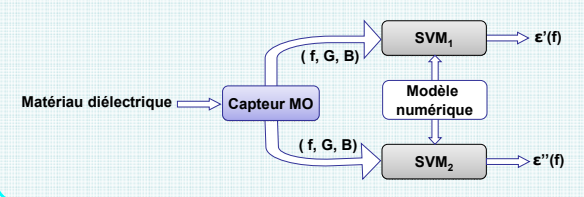
Le compromis entre le terme de régularisation et le terme qui pénalise les erreurs supérieures à ε est contrôlé par la constante $C > 0$

➢ Le problème d'optimisation aboutit à :

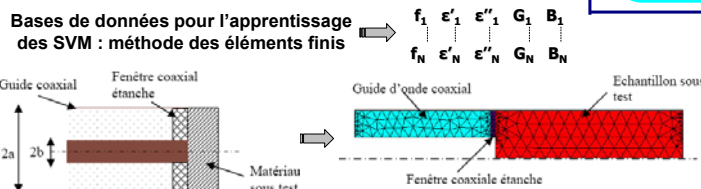
$$y(x) = \sum_{k=1}^N (\alpha_k - \alpha_k^*) K(x, x_k) + b$$

où α_k, α_k^*, b constituent la solution d'un système obtenu par la construction du lagrangien du problème

Organigramme de la procédure d'inversion



Elaboration du modèle SVM

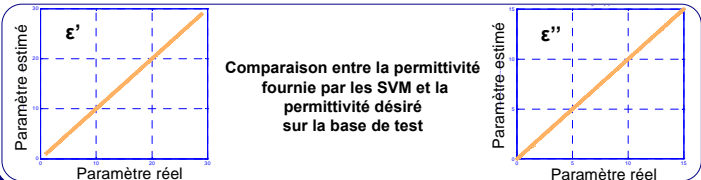


Réglage des hyper-paramètres du modèle SVM (C, ε, σ)

- Validation simple (Split-sample)
- Validation Croisée
- Approche Heuristique
- Approche Bayésienne

Bases de données créées par MEF

Base d'apprentissage (1200 exemples)
Base de validation (500 exemples)
Base de test (300 exemples)
1 MHz < f < 1,8 GHz
1 < ε' < 30 0 < ε'' < 15

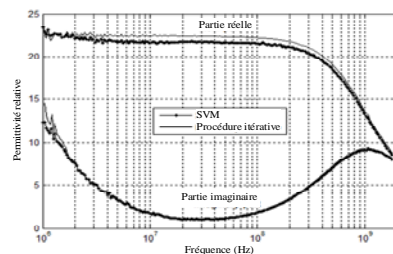


Inversion de données expérimentales

Paramètres des SVM avec noyaux RBF

SVM	C	σ ²	ε	EQM
ε'	9.2122 10 ³	5.3367 10 ⁻²	0.001	1.6496 10 ⁻³
ε''	3.6711 10 ⁴	4.3288 10 ⁻²	0.001	1.4017 10 ⁻³

Évolution de la permittivité de l'éthanol obtenue par SVM et par inversion itérative



Conclusions

La faisabilité de l'inversion par algorithme SVM pour la caractérisation micro-ondes a été montrée. Les SVM sont de bons outils pour résoudre des problèmes inverses dans des situations où une inversion itérative devient coûteuse.