



**HAL**  
open science

## Synthèse de front d'onde en chambre réverbérante par retournement temporel

Philippe Meton, Florian Monsef, Andrea Cozza, Marc Lambert,  
Jean-Christophe Joly

► **To cite this version:**

Philippe Meton, Florian Monsef, Andrea Cozza, Marc Lambert, Jean-Christophe Joly. Synthèse de front d'onde en chambre réverbérante par retournement temporel. Assemblée générale biannuelle du GDR Ondes - Interférences d'Ondes, Nov 2013, Dijon, France. hal-00927063

**HAL Id: hal-00927063**

**<https://centralesupelec.hal.science/hal-00927063>**

Submitted on 10 Jan 2014

**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.

# Synthèse de front d'onde en chambre réverbérante par retournement temporel

P. Meton<sup>1,2</sup>, F. Monsef<sup>2</sup>, A. Cozza<sup>2</sup>, M. Lambert<sup>2</sup>, J.-C Joly<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : <sup>1</sup> CEA, DAM, Gramat, F-46500 Gramat, France, Jean-Christophe.Joly@cea.fr

<sup>2</sup> : <sup>2</sup> L2S, UMR 8506, SUPELEC, CNRS, Univ. Paris-Sud, Département de Recherche en Electromagnétisme, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette  
 philippe.meton@lss.supelec.fr

## Résumé

Les études menées sur le système TREC (Time Reversal Electromagnetic Chamber) ont démontré ses capacités à générer des fronts d'ondes cohérents dans une chambre réverbérante [1]. L'utilisation de la TREC a été étudiée pour des applications CEM. La TREC possède aussi des potentialités pour la mesure d'antennes. Dans ce résumé, nous présenterons un cas préliminaire de simulation 2D afin de caractériser la synthèse d'un front d'onde plan utile aux méthodes de mesure d'antennes. Nous soumettrons nos résultats d'étude paramétrique de la qualité de la forme d'onde en fonction de la dimension de la zone tranquille.

## 1. Introduction

Les mesures d'antennes en réception nécessitent un volume de test dans lequel l'onde illuminante possède une amplitude et une phase quasi constantes sur les plans perpendiculaires à la direction d'incidence [2]. Les déviations de la phase et de l'amplitude doivent correspondre aux tolérances spécifiées du test d'antenne dans la zone tranquille [3]. Des solutions de caractérisation en espace libre ont été développées comme, par exemple, la synthèse d'ondes localement planes par des générateurs d'ondes planes (PWGs) [3] ou la mesure en base compacte. Le premier équipement nécessite des sources multiples dont la gestion peut s'avérer compliquée et coûteuse mais qui permettent une réduction du temps de mesure. Le second requiert une source d'ondes sphériques, un réflecteur de grande taille et un positionneur pour tourner mécaniquement l'antenne sous test. C'est un dispositif qui suivant la taille de l'antenne peut devenir volumineux et onéreux.

Il existe une autre façon de générer des fronts d'ondes non harmoniques en temps réel à l'image des PWGs mais avec le recours potentiel et avantageux d'une unique source. Cette solution est le système TREC [1] composé d'une chambre réverbérante dans laquelle un principe de retournement temporel généralisé est utilisé avec une seule ou un nombre limité d'antennes disposées non uniformément (Figure 1.a). La capacité à générer des fronts d'ondes cohérents sans l'utilisation de nombreuses antennes est seulement possible grâce aux propriétés hautement réverbérantes de ces chambres. La possibilité de créer dans la TREC des fronts d'ondes arbitraires, cohérents, non harmoniques avec une maîtrise de la polarisation dans une zone de focalisation restreinte a été démontrée [1] [4].

## 2. Caractérisation du front d'onde basé sur le contraste de pic

Notre travail présente une étude sur les capacités de la TREC à générer des fronts d'ondes localement plans dans une zone de focalisation étendue dans le but de créer une zone tranquille à l'intérieur de celle-ci (Figure 1.a et 1.b).

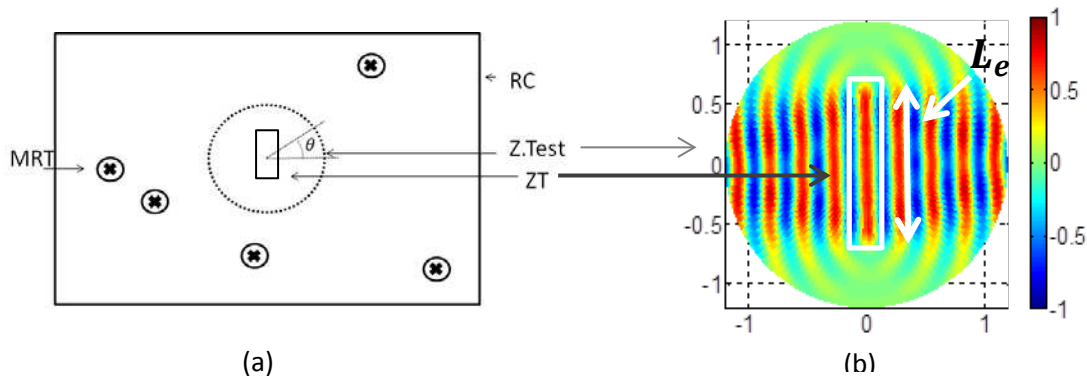


Figure 1. Synoptique de la TREC (a) et exemple de topographie d'un front d'onde dans la zone de test (b). (a) : chambre réverbérante (RC) en trait plein, miroirs à retournement temporel (MRT) représentés par des croix, zone de test (Z.Test) délimitée par le cercle en traits discontinus entourant la Zone Tranquille (ZT). (b) : Distribution de champ de l'onde entretenue dans la Z.Test à la  $f_c = 1.1\text{GHz}$  avec une ZT de dimension électrique  $L_e = 5\lambda_c$ .

Afin de caractériser la qualité de reconstruction du front d'onde de test dans le système TREC, nous avons étudié le contraste de pic correspondant au rapport de la puissance instantanée de la partie cohérente sur une puissance moyenne des fluctuations indésirables. Nous présenterons ici plus en détails la signification physique de cette valeur et l'étude de ses variations en fonction de la longueur électrique de la zone tranquille  $L_e$  (Figure 1.b). Par soucis de simplification cette étude numérique utilise une modélisation 2D de la chambre réverbérante dans laquelle le champ scalaire  $E_z$  ne se propage

que suivant 2 dimensions. Les données nécessaires à l'expérimentation numérique proviennent d'une simulation CST. Dans la suite, le signal d'excitation utilisé est un sinus cardinal de largeur de bande  $B_T = 0,3$  GHz modulé par une porteuse de fréquence  $f_c = 1,1$  GHz et de longueur d'onde  $\lambda_c$ .

Dans le but d'évaluer l'influence des fluctuations inhérentes au retournement temporel sur la qualité de reconstruction de la zone tranquille, établissons l'expression du contraste de la partie cohérente par rapport à ces perturbations.

La dépendance temporelle du front d'onde dans la TREC est la somme d'un champ cohérent dupliqué  $\varepsilon(\mathbf{r}, t)$  et d'un champ fluctuant  $n(\mathbf{r}, t)$  [1] [5]. Le front d'onde généré par retournement temporel peut s'écrire sous la forme :

$$s(\mathbf{r}, t) = \rho\varepsilon(\mathbf{r}, t) + n(\mathbf{r}, t) \quad (1)$$

Le contraste de pic  $\Lambda_p$  quantifie le pic de puissance instantanée dans la zone de focalisation par rapport aux fluctuations moyennes de puissance. En considérant  $\rho$  la projection spatio-temporelle de  $s(\mathbf{r}, t)$  sur  $\varepsilon(\mathbf{r}, t)$  nous pouvons exprimer  $\Lambda_p$  sous la forme  $\Lambda_p = \frac{(\rho \max_{\mathbf{r}, t}(\varepsilon(\mathbf{r}, t=0)))^2}{(n_{rms})^2}$  (2) où  $n_{rms}$  représente la valeur rms de  $n(\mathbf{r}, t)$  et  $\max_{\mathbf{r}, t}(\varepsilon(\mathbf{r}, t))$ , la valeur pic spatio-temporelle du signal cohérent dans la zone de focalisation.

### 3. Contraste et longueur de la zone tranquille

Nous allons ici nous intéresser à la qualité de reconstruction par retournement temporel du front d'onde cohérent en fonction de la longueur de la zone de tranquille. Nous représentons sur la figure 2 l'évolution du contraste de pic avec et sans optimisation du front d'onde cohérent en utilisant les résultats de [6]. Nous avons fait varier les longueurs de la zone de tranquille sur un intervalle [0.5 3.5] par pas de 0.2 (Figure 1.a et 1.b). Pour chaque dimension de zone de tranquille nous avons moyenné le  $\Lambda_p$  sur 35 angles d'incidence  $\theta$  du front d'onde, repartis uniformément sur  $2\pi$  (Figure 1.a). Les résultats sont représentés sur la figure 2. Nous avons tracé en vert la valeur de  $\Lambda_p$  de 24dB qui correspond à une déviation d'amplitude de 1dB tolérable pour la mesure d'antenne [3]. Nous constatons que  $\Lambda_p$  décroît en fonction de la longueur sur l'intervalle [0.5 2] ; sur [2 2.5] sa valeur reste relativement constante.

Nous remarquons que pour toutes les longueurs de zone de tranquille,  $\Lambda_p$  reste supérieur à la valeur seuil de 24dB. En faisant l'hypothèse d'un front cohérent plan, le contraste de pic est donc compatible avec une mesure autorisant une déviation d'amplitude maximum de 1dB [3]. Nous avons obtenu ces résultats sur une durée de simulation restreinte par rapport à la constante de temps de la chambre, nous pouvons alors considérer que les valeurs de  $\Lambda_p$  sont sous-estimés d'un coefficient multiplicateur égale à 4.

### 4. Conclusion

Dans ce résumé, nous avons testé l'utilisation potentielle du système TREC, comme un nouveau moyen de mesure d'antennes. Nous avons présenté les résultats du contraste pour différentes tailles de zone tranquille. Nous avons pu observer une décroissance du contraste pour des dimensions électriques croissantes sur l'intervalle [0.5 2] et avons constaté un contraste de pic tolérable pour la mesure. Nous présenterons dans le poster une caractérisation du diagramme de rayonnement.

### 5. Remerciements

Ces travaux sont effectués avec le financement du CEA Gramat et le soutien du L2S DRE Supélec.

### 6. Bibliographie

- [1] A. Cozza, "Emulating an Anechoic Environment in a Wave-Diffusive Medium through an Extended Time-Reversal Approach", IEEE Trans. Ant. Prop. 60, 8 (2012).
- [2] IEEE Standard Test Procedures for Antennas, Std 149-1979, E. S. Gillespie, Chairman
- [3] O.M Bucci, M.D Migliore, G. Panariello, D. Pinchera, "On the synthesis of plane wave generators : performance limits, design paradigms and effective algorithms", IEEE Trans. Ant. Prop. 51, 2 (2003).
- [4] A. Cozza, H. Moussa, "Enforcing a deterministic polarization in a reverberating environment", Electron Lett. 45, 25( 2009)
- [5] A. Cozza, "Statistics of the performance of time-reversal in a lossy reverberating medium", Phys. Rev. E 80, 056604 (2009)
- [6] P. Meton, F. Monsef, A. Cozza, M. Lambert, J.-C. Joly, "Analyse de la génération de front d'onde dans une chambre réverbérante pour la mesure d'antennes", Mai 2013, Paris

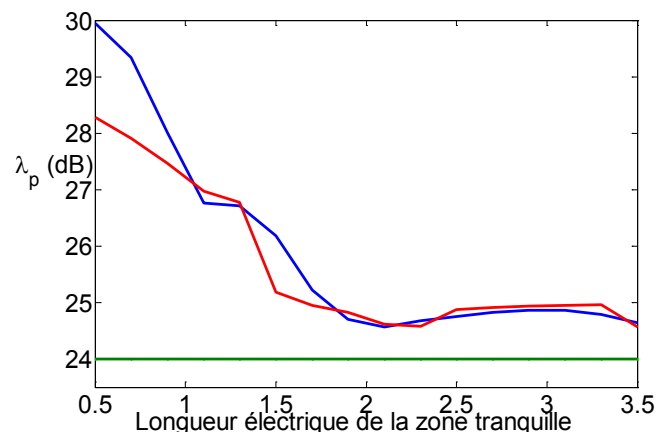


Figure 2. Contraste de pic dans la zone tranquille en fonction de la longueur électrique  $L_e$ ; courbe bleue et rouge respectivement avec et sans optimisation, courbe verte contraste de pic requis pour le mesure [3].