

TP Traitement du signal et problèmes inverses

Applications sur des exemples EDF

Saâd Aziz Alaoui, Yassine Jamoud, Samy Haffoudhi

8 mars 2022

Introduction

Lors de ce TP nous allons explorer trois problèmes de traitement du signal en lien avec des exemples EDF. Le premier problème portera sur le traitement de signaux multicauteurs illustré sur des données de température issues de mesures de fibres optiques. Ensuite, nous nous intéresserons au problème inverse de surrésolution à partir de données de fibre optique déformation. Enfin, nous verrons le problème inverse d'estimation des sources à partir de données de contrôle non destructif ultrasonores.

Pour chacun de ces exemples, nous commencerons tout d'abord par une présentation du contexte et de l'enjeu avant de jouer sur les paramètres des différentes méthodes pour bien appréhender leurs effets.

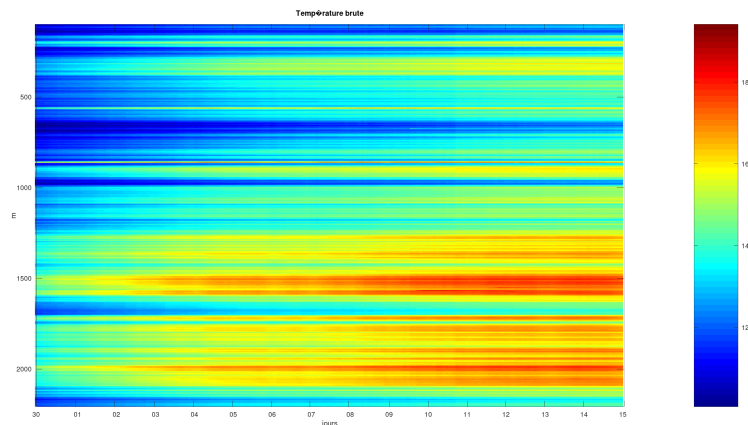
1 Traitement de signaux multicauteurs illustré sur des données de température issues de mesures de fibre optique

1.1 Le contexte d'application

L'objectif de ce premier problème est la détection de fuites dans des digues en terre. Nous disposons de mesures de températures réparties par une fibre optique implantée dans la digue. Si il existe une fuite, la température mesurée au niveau de la fibre optique va subir l'influence de la température de l'eau dans le canal.

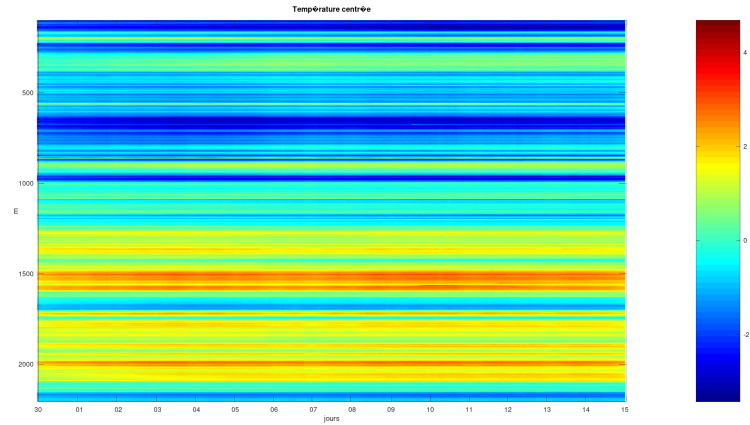
On travaille sur les données suivantes :

FIGURE 1 – Jeu de données



On centre les températures pour obtenir la figure ci-dessous :

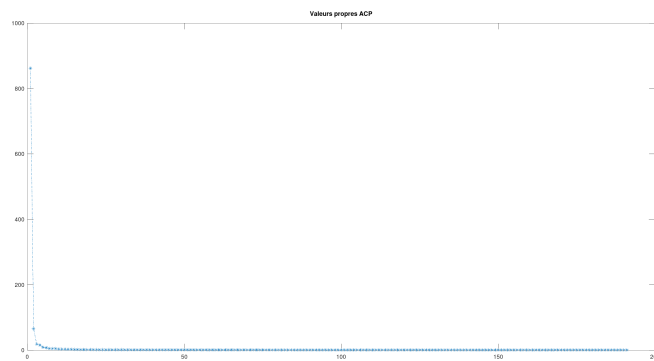
FIGURE 2 – Jeu de données, températures centrées



On adopte une approche de séparation de sources, l'objectif étant d'isoler les différentes sources responsables des changements de température.

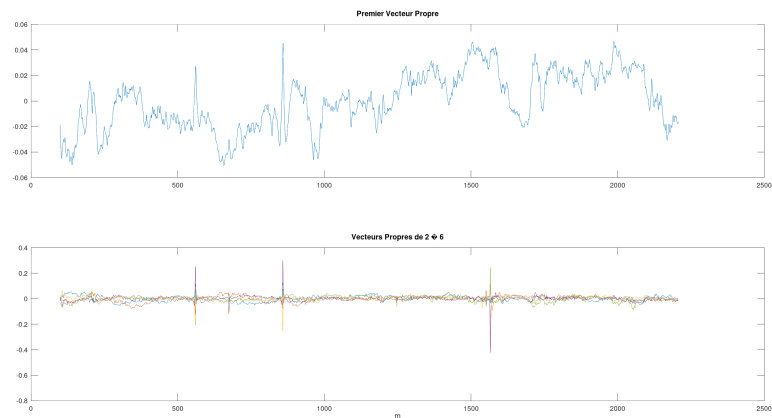
On obtient les valeurs propres suivantes pour l'ACP :

FIGURE 3 – Valeurs propres ACP



Et affichons les 6 premiers vecteurs propres :

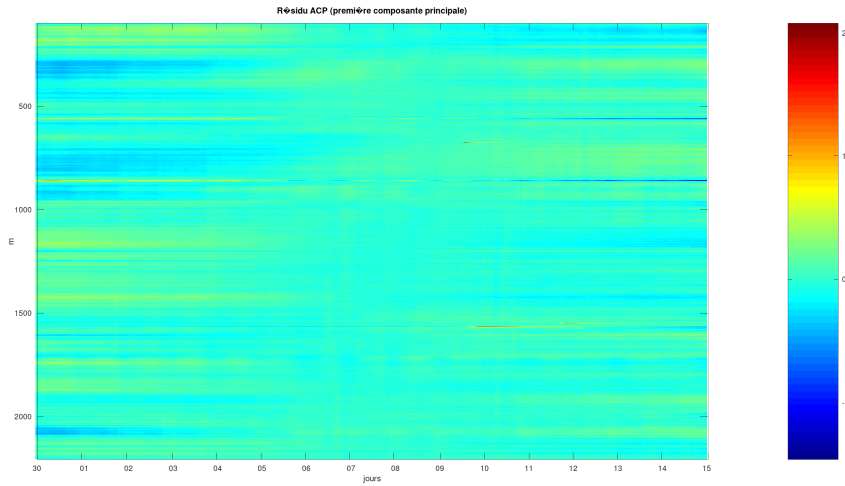
FIGURE 4 – 6 premiers vecteurs propres ACP



On observe alors que la première valeur propre est bien plus importante que les autres. Elle correspond à la réponse du sol, on commence alors par supprimer sa contribution.

Après suppression de cette composante, on garde alors les composantes qui correspondent aux fuites et aux drains. On obtient alors le résidu suivant :

FIGURE 5 – Résidu ACP

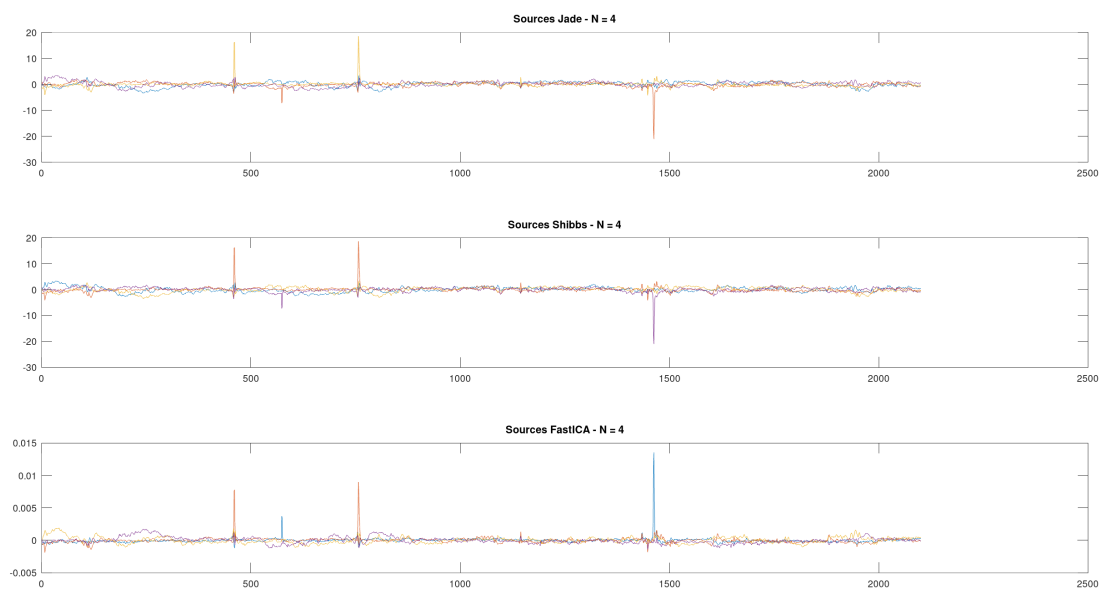


On obtient déjà une image bien plus claire où l'on peut distinguer uniquement quelques zones de température élevée. On peut alors détecter l'apparition de la fuite mais, pas la suivre.

On applique maintenant trois méthodes de séparation de sources : Jade, Shibbs et ICa à partir d'un nombre de sources donné.

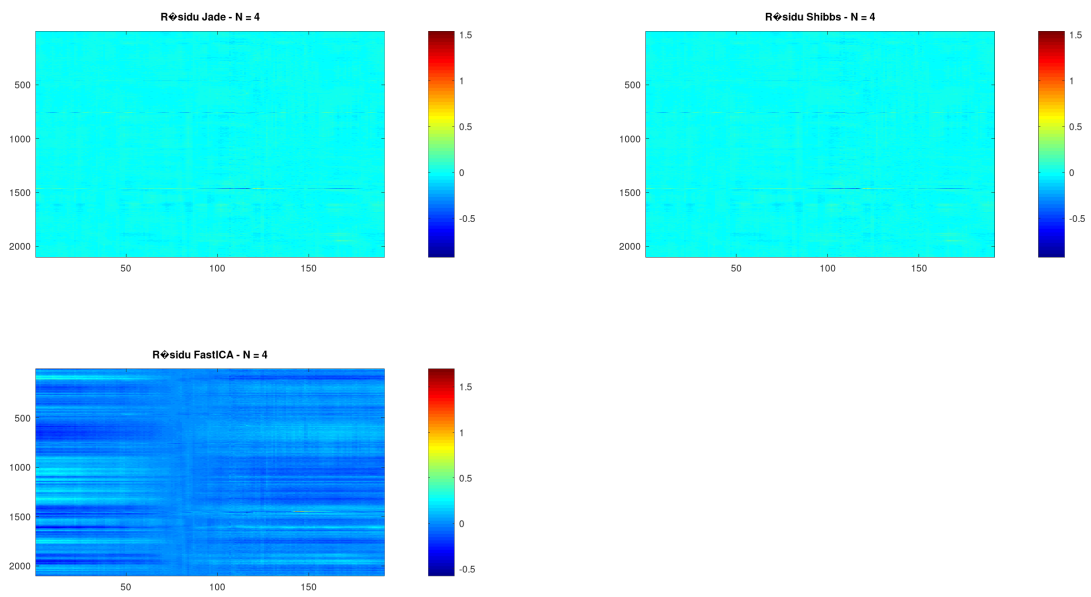
On obtient par exemple pour $N = 4$, les sources suivantes :

FIGURE 6 – Sources



Et ces résidus :

FIGURE 7 – Résidus



1.2 Influence des paramètres

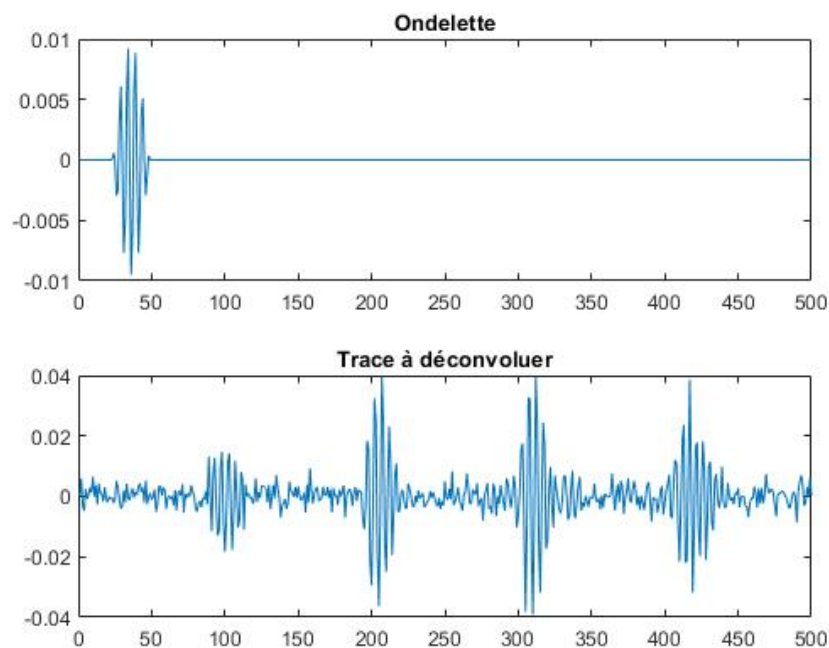
2 Problème inverse de sources à partir de données de contrôle non-destructif ultrasonore

2.1 Le contexte d'application

L'objectif de cette partie est de réaliser un contrôle non-destructif de défauts dans des soudures. Pour ce faire, on utilise des signaux ultrasonores induits par la soudure à inspecter. On souhaite, à l'aide de ces signaux, détecter des perturbations dues à ces défauts. Nous disposons alors d'une ondelette de référence. Elle est réalisée par calibration à l'aide de 4 trous de 1 mm.

On peut donc détecter des défauts similaires à des trous d'un millimètre. En effet, par déconvolution, on peut retrouver les positions des défauts (à un décalage près du à la convolution)

FIGURE 8 – Ondelette et trace à déconvoluer

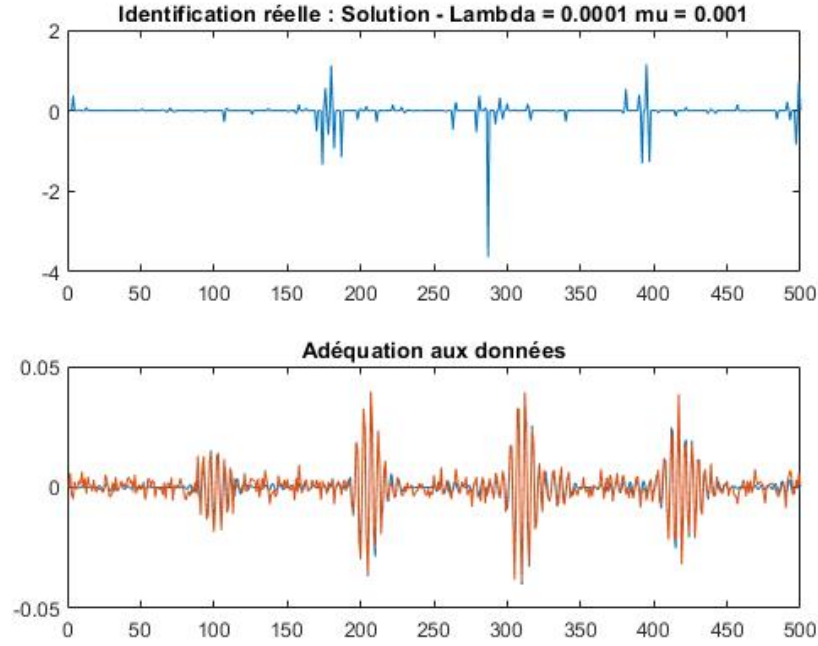


Pour réaliser la déconvolution, on utilise une minimisation de l'erreur quadratique moyenne. En revanche, sans information à priori sur la réflectivité, on obtient des résultats de mauvaise qualité. On utilise alors une régularisation :

$$J(r) = \|z - Hr\|^2 + \lambda\Phi(r)$$

On obtient donc une nette amélioration par rapport à la trace à déconvoluer mais, le défaut apparaît avec un double pic :

FIGURE 9 – Identification Réelle

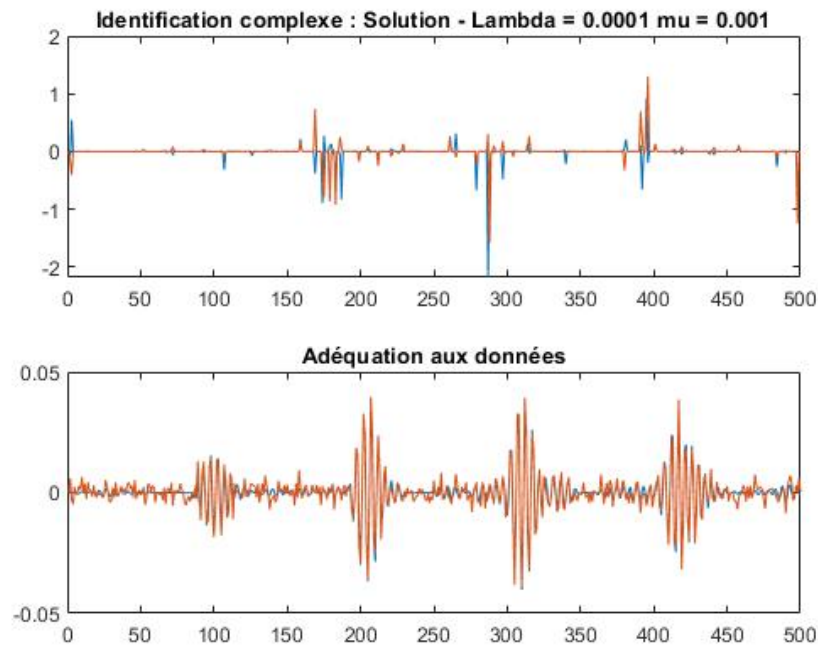


Pour tenir compte de la possible déformation en phase de l'ondelette, on a recours à la transformée de Hilbert de l'ondelette h . On obtient alors un nouveau modèle de convolution ainsi qu'un nouveau critère à minimiser. On obtient le nouveau critère :

$$J(r, s) \|z - Hr - Gs\|^2 + \lambda \Phi(r, s)$$

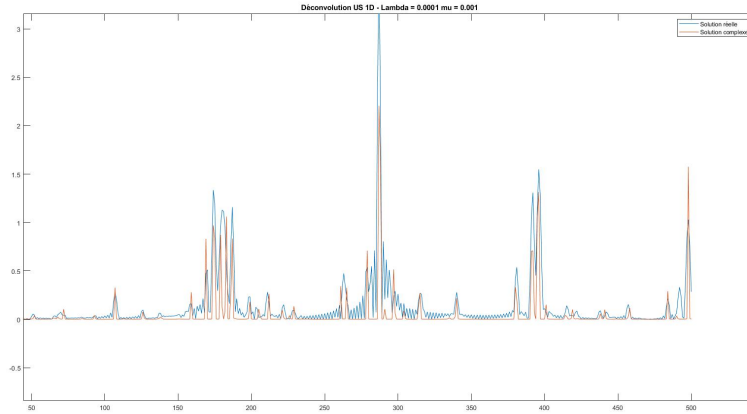
Et le résultat suivant :

FIGURE 10 – Identification Complexe



On peut également observer le module des deux solutions sur le graphique ci-dessous :

FIGURE 11 – Comparaison des deux approches



2.2 Influence des paramètres

On constate sur la figure ci-dessus que le choix des paramètres n'est clairement pas optimal.

En effet, pour ce problème nous disposons de deux paramètres, λ et μ :

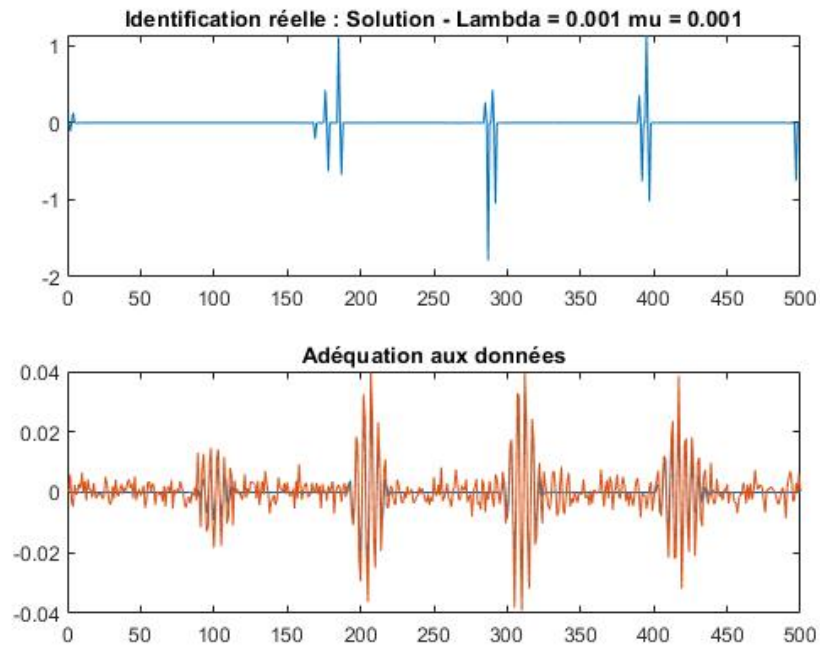
- Le paramètre μ permet de s'assurer de l'existence de la solution et doit être non nul. Plus il est proche de 0, plus la solution est optimale. En revanche, l'optimisation sera plus complexe. On choisit alors une valeur $\mu = 10^{-2}$ pour obtenir un bon compromis.
- Le paramètre λ correspond au paramètre de régularisation. Il contrôle le poids du terme de régularisation.

Dans la partie précédente, nous avons choisi une valeur très faible pour le paramètre de régularisation : $\lambda = 10^{-4}$. On obtenait donc une solution non optimale. En effet pour des valeurs faibles de λ , la régularisation aura un effet négligeable tandis qu'au contraire, pour des valeurs trop importantes de λ , on surrégularise.

On constate alors que pour une valeur $\lambda = 10^{-3}$, on obtient les meilleurs résultats.

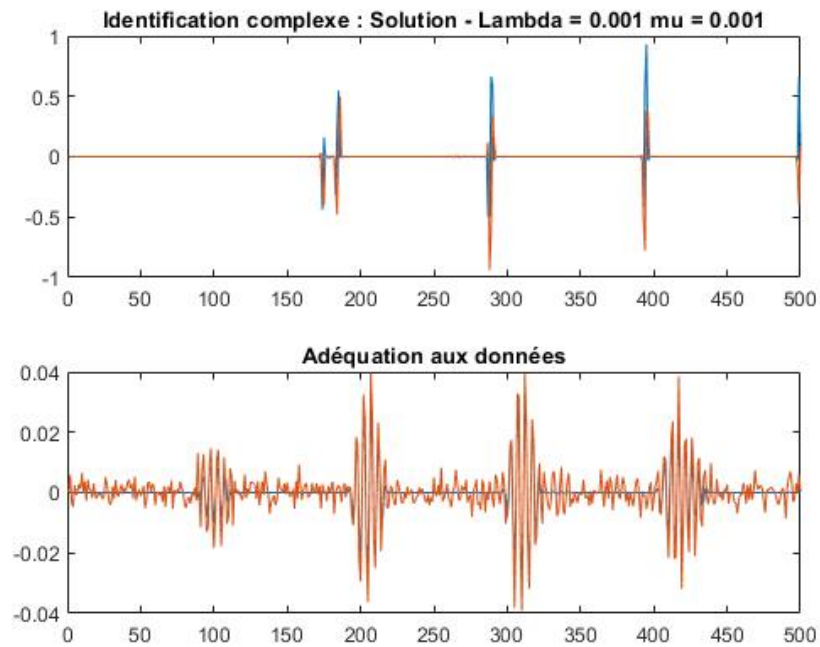
Pour la solution réelle :

FIGURE 12 – Identification réelle



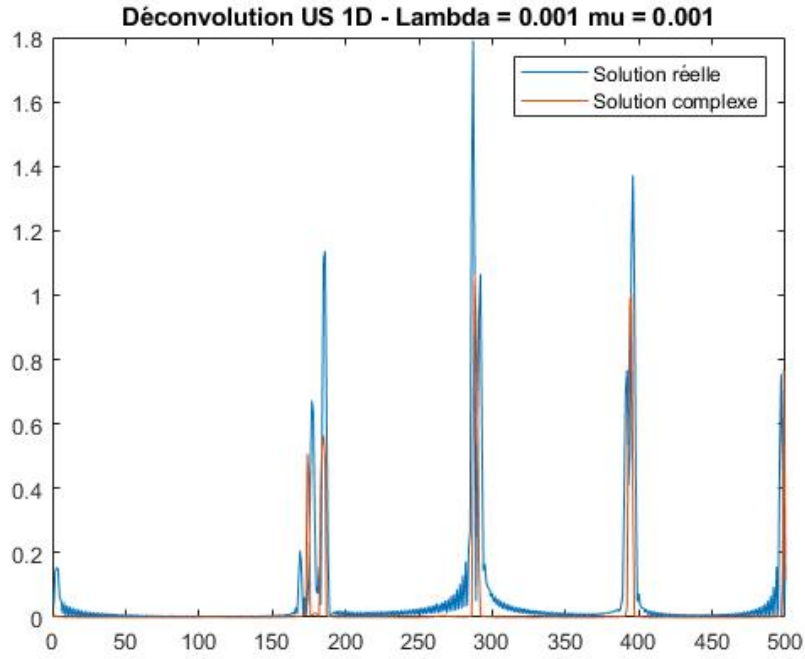
Et pour la solution complexe :

FIGURE 13 – Identification complexe



Et enfin, pour les modules :

FIGURE 14 – Comparaison des deux approches



Pour des valeurs de λ , plus élevées, les pics sont trop épais et on perd donc en résolution.

Remarque : On peut observer sur la figure ?? que la solution complexe est bien plus intéressante que la solution réelle. En effet, on obtient bien un seul pic par défaut. Cependant, on remarque que pour le premier défaut, la solution complexe nous donne aussi 2 pics. Il s'agit en fait d'un défaut différent qui ne correspond pas à un trou mais à un défaut de surface et qui nécessite alors une autre ondelette afin d'être correctement détecté.