

Nudging itératif et tomographie thermoacoustique

Sébastien MARINESQUE, Université Paul Sabatier

Mots-clés : problème inverse, équation d'onde, nudging direct et rétrograde, SEEK, atténuation.

La Tomographie ThermoAcoustique (TTA) est une technique d'imagerie hybride non invasive reposant sur l'observation de l'onde de pression acoustique ultrasonique, ou *signal thermoacoustique*, émis par un corps lorsqu'il est soumis à une impulsion électro-magnétique radiofréquence. Cette impulsion cause une dilatation thermique du corps qui dépend de l'absorption des tissus, caractéristique de leurs propriétés physiologiques. Le signal thermoacoustique observé étant proportionnel à la distribution locale d'énergie emmagasinée par le corps, il peut être utilisé pour en reconstruire la *carte d'absorption*, dans l'optique de distinguer les différents tissus.

De nombreuses méthodes ont fait la preuve de leur efficacité dans ce domaine, un aperçu en est donné dans [1] ; cependant nombre d'entre elles reposent sur une ou des hypothèses peu adaptées à des conditions réalistes, parmi lesquelles l'absence de bruits extérieurs à l'objet, la vitesse constante de l'onde et son aspect non-atténué, ou encore l'acquisition de données complètes.

Nous nous sommes donc intéressés à l'application de méthodes inverses imposant, *a priori*, le moins de restrictions possibles sur le modèle et sur les modalités d'observation. En ce sens, l'article [2] présente et utilise l'algorithme du *Back and Forth Nudging* (BFN, introduit par Auroux and Blum, voir [3]) dans le cadre de la TTA : pour faire tendre la solution de l'algorithme vers les observations, un rappel proportionnel à l'écart entre les observations et la solution est ajouté dans l'équation d'état du système ; la résolution en temps direct puis rétrograde, avec des rappels adaptés, fournit une reconstruction de l'état initial du système et permet d'itérer le processus jusqu'à convergence des reconstructions. Le rappel standard du BFN ayant fourni des résultats satisfaisants, un rappel optimisé a ensuite été mis en œuvre, à savoir le filtre SEEK, déclinaison d'ordre réduit du filtre de Kalman, présenté dans [4]. Différentes situations sont ainsi considérées telles le cas de vitesses variables, trapping ou non, de données partielles, d'ondes atténuées et de bruits extérieurs à l'objet.

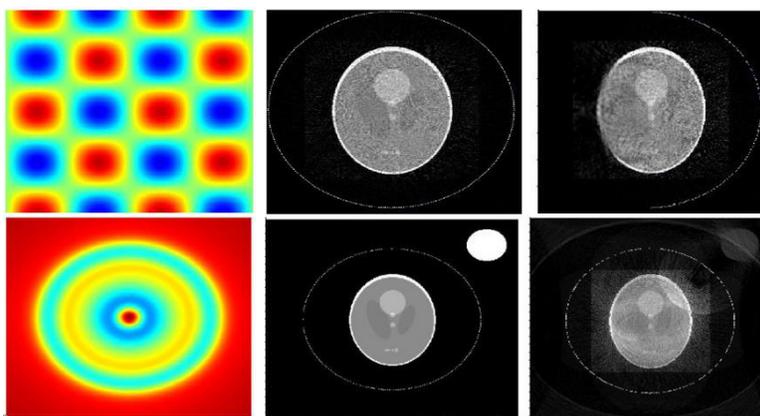


Figure 1: Vitesse trapping, reconstruction par BFN: données complètes et incomplètes (bruit=10%). Autre vitesse trapping, objet à reconstruire avec source extérieure et reconstruction par BFN (bruit=10%).

Références

- [1] P. KUCHMENT AND L. KUNYANSKY, *Mathematics of Thermoacoustic Tomography*, Chapter 19 in Vol. 2 of “Handbook of Mathematical Methods in Imaging”, pp. 817-866, Springer Verlag, 2010, arXiv:0912.2022v1.
- [2] X. BONNEFOND AND S. MARINESQUE, *Application of a nudging technique for thermoacoustic tomography*, Preprint, 2010.
- [3] D. AUROUX AND J. BLUM, *Back and Forth Nudging algorithm for data assimilation problems*, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I, 340, 873–878, 2005.
- [4] E. COSME, D. ROZIER, F. BIROL, P. BRASSEUR, J.M. BRANKART AND J. VERRON, *A Reduced-Order Kalman Filter for Data Assimilation in Physical Oceanography*, SIAM Review, 49(3), 449465, 2007.