

## Analyse de stabilité d'un problème inverse en élastographie par résonance magnétique.

Nagham CHIBLI, Inria, LMS - Palaiseau      Martin GENET, LMS - Palaiseau

Sébastien IMPERIALE, Inria - Palaiseau

L'élastographie par résonance magnétique permet d'estimer la rigidité des tissus, un paramètre clé pour le diagnostic de pathologies telles que les tumeurs ou la fibrose. Cette technique repose sur un problème inverse en deux étapes : (1) reconstruire le champ de déplacement par imagerie, (2) utiliser ce champ de déplacement pour reconstruire les propriétés mécaniques du milieu. Dans ce travail, on s'intéresse à cette seconde étape, en reconstruisant le module de cisaillement  $\mu$  à partir des champs de déplacement internes, via un problème inverse formulé à partir de l'équation des ondes élastodynamiques linéaire, isotrope, quasi-incompressible et en régime harmonique en temps.

L'objectif est de développer un algorithme robuste face au bruit. En effet, la quasi-incompressibilité des tissus implique que le module de compression  $\lambda$  est grand, de fait les extensions directes des algorithmes existants ne sont pas robustes.

À partir de [1, 3], nous introduisons une nouvelle formulation 2D et reformulons le problème inverse en un système hyperbolique non autonome et hétérogène. Après analyse, le résultat de stabilité obtenu est le suivant : pour  $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2$  deux mesures données, les modules reconstruits  $\mu_1, \mu_2$  satisfont

$$\|\mu_1 - \mu_2\|_{L^2(\Omega)} \leq C \|\mathbf{u}_1 - \mathbf{u}_2\|_{H^3(\Omega)}. \quad (1)$$

Ce résultat repose sur des conditions de compatibilité des mesures ainsi que sur des techniques d'énergie pour les problèmes hyperboliques. Pour traiter le problème en présence de bruit, nous avons adopté une approche des moindres carrés et avons implémenté une régularisation [2], dont l'efficacité est évaluée sur des données in silico.

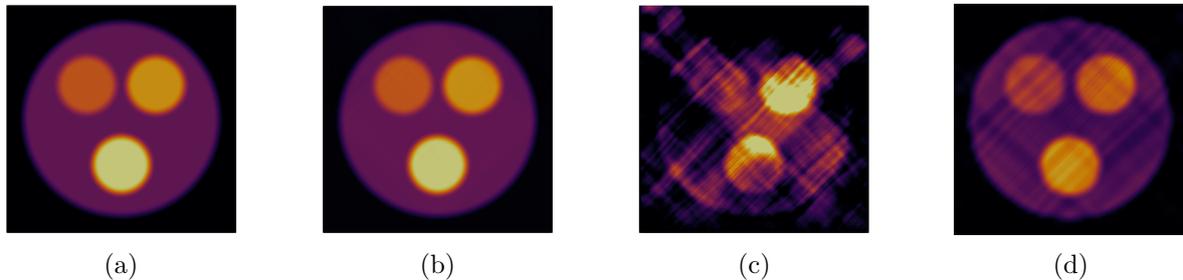


FIGURE 1 – Reconstruction du module de cisaillement  $\mu$ , mettant en évidence la précision de la reconstruction en l'absence de bruit et l'importance de la régularisation en présence de bruit. (a) fantôme de référence, (b) reconstruction sans bruit, (c) avec bruit sans régularisation, et (d) avec régularisation.

- [1] H. Ammari, A. Waters, H. Zhang. *Stability analysis for magnetic resonance elastography*, 2015.
- [2] G. Bal, C. Bellis, S. Imperiale, F. Monard. *Reconstruction of constitutive parameters in isotropic linear elasticity from noisy full-field measurements*, 2014.
- [3] M. Honarvar, R. Sahebjavaher, R. Sinkus, R. Rohling, S. E. Salcudean. *Curl-based finite element reconstruction of the shear modulus without assuming local homogeneity : time harmonic case*, 2013.