



IRM de la force de radiation ultrasonore (ARFI) pour la caractérisation de la viscoélasticité des tissus

Karine Choquet, Jonathan Vappou, Afshin Gangi, Elodie Breton

► To cite this version:

Karine Choquet, Jonathan Vappou, Afshin Gangi, Elodie Breton. IRM de la force de radiation ultrasonore (ARFI) pour la caractérisation de la viscoélasticité des tissus. 8èmes Journées Scientifiques de la Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg (FMTS), Apr 2021, Strasbourg (100% virtuel), France. hal-04335641

HAL Id: hal-04335641

<https://hal.science/hal-04335641>

Submitted on 11 Dec 2023

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.

IRM DE LA FORCE DE RADIATION ULTRASONORE (ARFI) POUR LA CARACTERISATION DE LA VISCOELASTICITE DES TISSUS

Karine Choquet¹, Jonathan Vappou¹, Afshin Gangi^{1,2}, Elodie Breton¹

¹Laboratoire ICube, Université de Strasbourg, CNRS UMR 7357

²Service d'Imagerie Interventionnelle, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

Contexte : Les thérapies par ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) sont des procédures non invasives connaissant un succès grandissant pour la destruction ciblée de tumeurs. Leur monitoring, conventionnellement réalisé par thermométrie IRM, constitue une problématique majeure. En complément de la température, les propriétés mécaniques des tissus peuvent être considérées comme des biomarqueurs permanents des dommages thermiques subis au cours du traitement^{1,2}. Dans ce contexte, nous cherchons à développer une méthode d'estimation non invasive des propriétés mécaniques des tissus en temps réel durant la thérapie.

Méthode : S'appuyant sur l'approche de l'IRM de la force de radiation ultrasonore ou MR-ARFI³, le transducteur ultrasonore est utilisé pour induire un déplacement micrométrique au niveau du foyer, à l'origine de la propagation d'une onde de cisaillement de vitesse c_s liée au module de cisaillement μ du milieu. Le champ de déplacement est encodé dans les images obtenues avec une séquence IRM sensibilisée au mouvement par adjonction de gradients de champ magnétique (MSG, motion sensitizing gradients) synchronisés à l'onde de cisaillement. Le processus d'identification consiste à estimer sur les images d'onde (Fig.1) la largeur de la tache MR-ARFI, liée à c_s et donc à μ ¹. Pour cela, les profils MR-ARFI expérimentaux sont identifiés à des profils théoriques simulés $P_{th}(x, y) \propto \int_0^{T_{MSG}} G(t) d(x, y, t) dt$ où G est l'amplitude du MSG appliqué pendant la durée d'encodage T_{MSG} , et d le déplacement généré dépendant de l'élasticité μ et du temps de relaxation τ du milieu, lui-même lié à la viscosité du tissu. Dans la méthode actuelle limitée à la caractérisation de l'élasticité des tissus, le paramètre τ est inconnu.

Objectif : Le travail actuel vise à étendre la méthode à l'estimation de l'élasticité et de la viscosité du milieu, via l'estimation du temps de relaxation τ du milieu. En jouant sur la synchronisation entre l'étape de génération du déplacement et celle de l'encodage du mouvement dans les images, on parvient à visualiser l'onde de cisaillement à différents moments de sa propagation⁴ (Fig.1). L'exploitation des images d'ondes obtenues pour chaque décalage temporel (t_{offset}) permet, par identification, de relier τ au déplacement $d(t)$ induit au point focal.

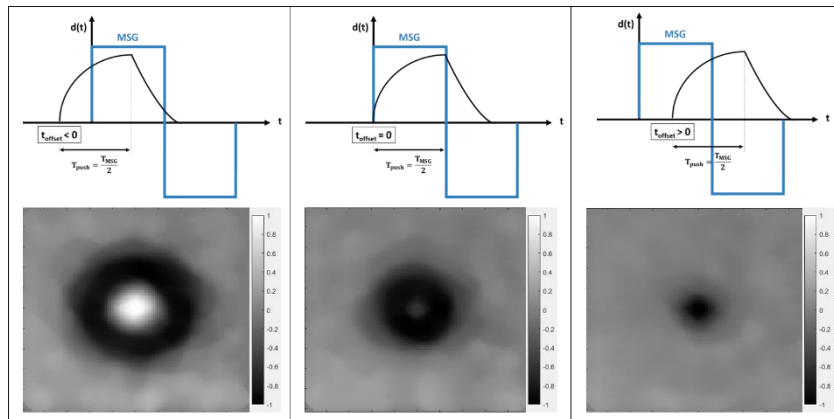


Figure 1

Ci-dessus : 3 exemples de (dé)synchronisation entre le déplacement $d(t)$ et son encodage dans les images IRM par le MSG.

Ci-dessous : images d'onde expérimentales correspondantes faisant apparaître les taches MR-ARFI obtenues sur gélatine ($C_m=4\%$).

Faisabilité : La méthode est appliquée à 2 gels de gélatine homogènes de concentrations différentes (4% et 6%).

Résultats : Le temps de relaxation τ est estimé à 5 ms et 3 ms respectivement pour les 2 gels. Le module de cisaillement μ estimé par MR-ARFI augmente avec la concentration : $\mu_{gel\ 4\%} = 3\text{ kPa}$ et $\mu_{gel\ 6\%} = 5\text{ kPa}$.

Conclusion : La méthode présentée permet d'estimer de façon non invasive, précise et quantitative le temps de relaxation ainsi que le module de cisaillement de gels homogènes par MR-ARFI, et donc d'étendre cette méthode à la caractérisation de la viscoélasticité des tissus biologiques. Les travaux en cours concernent l'accélération de la méthode afin de répondre aux contraintes de rapidité imposées par le temps réel.

Références : [1] Vappou et al, Phys Med Biol, 63:9, 2018 [2] Wu et al, Magn. Reson. Med., 45:80–87, 2001 [3] McDannold et al, Med Phys, 35-8:3748-58, 2008 [4] Dadakova et al, Magn. Reson. Med., 79 :981-86, 2018