

Les neurones sont élastiques...

La régénérescence du système nerveux central et périphérique, suite à une pathologie ou un traumatisme, est un enjeu sociétal majeur dans un contexte de vieillissement de la population. Cette plasticité pilotée par la croissance et la différenciation des cellules en neurones par exemple dépend de bons nombres de paramètres.

La corrélation entre ces mécanismes de réparation et la réponse élastique de l'environnement et des cellules elles-mêmes est souvent évoquée mais reste encore à ce jour difficilement quantifiable. Néanmoins, des chercheurs de l'INSPI en collaboration avec le LCMCP et SPPIN ont franchi une étape cruciale vers cet objectif en quantifiant, à l'échelle micrométrique, les inhomogénéités élastiques au cœur même du neurone.

La grande majorité des approches expérimentales permettant de recueillir les propriétés mécaniques d'une cellule unique est basée sur l'utilisation de sonde de microscopie de proximité, ce qui conduit inévitablement à considérer l'interaction entre la pointe et la cellule ainsi que le rôle joué par le substrat dans l'interprétation des réponses. A ce titre, la mise au point d'une approche tout optique sans contact est source de simplification, de surcroît cela ouvre la possibilité d'envisager des mesures *in vitro* impliquant des environnements souvent complexes.

Grâce à des approches pompe sonde résolues en temps, il est possible à l'aide de transducteurs de Titane biocompatibles de générer des ondes élastiques qui ont la propension de se propager au sein de ces objets biologiques. La mesure de la réponse optique en fonction du temps des cellules est alors porteuse d'information sur la propagation des ondes de volume. La figure 1 présente une réponse oscillante typique, communément appelée oscillation Brillouin, dans une cellule neuronale. La mesure de la fréquence de cette oscillation est directement reliée à la vitesse de propagation des ondes acoustiques et par conséquent au module élastique. En reproduisant ce type de mesure, en tous points d'une cellule, il est possible de reconstruire une cartographie de ce module élastique, figure 2. Nous pouvons ainsi identifier les fluctuations élastiques qui révèlent notamment une rigidité accrue au niveau du noyau.

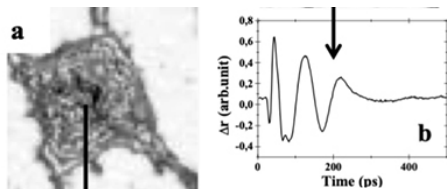


Figure 1
a) Image optique d'un PC12 (neurone modèle)
b) Réponse acoustique en un point de la cellule

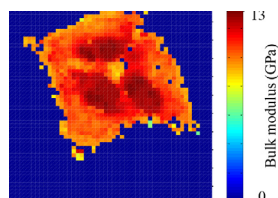


Figure 2
Cartographie du module élastique permettant d'identifier le noyau et le cytosquelette environnant (échelle 60μm). Dans le cas présent, nous avons plutôt une accréation de trois cellules avec leur noyau, caractéristique absente de l'imagerie optique.

Au delà de ces mesures préliminaires sur des cellules fixées et donc mortes, il convient de faire évoluer notre outil expérimental afin de reproduire ces investigations sur des cellules vivantes et susceptibles de modifier leur élasticité au gré de leur cycle de croissance et de différenciation. Le rôle de l'adhésion dans ces processus biologiques est un autre axe de recherche encore quasiment vierge qui sera abordé. L'application de stimulus extérieurs comme un champ électrique sur la régénérescence axonale et ses répercussions sur l'élasticité intrinsèque des neurones est également envisagée.

Référence

Picosecond ultrasounds as elasticity probes in neuron-like cells models
Viel, Alexis; Peronne, Emmanuel; Sénépart, Océane; Becerra, Loic; Legay, Claire; Semprez, Fannie ; Trichet, Lea ; Coradin, Thibaud ; Hamraoui, Ahmed ; Belliard, Laurent
APPLIED PHYSICS LETTERS
Volume: 115 Issue: 21 Article Number: 213701 DOI: 10.1063/1.5129783

Contact

Laurent Belliard : laurent.belliard@sorbonne-universite.fr