



# Institut de physique

Actualités scientifiques

## Les propriétés électromécaniques de gels fortement conducteurs se dévoilent enfin

Février 2017

Les fluides complexes, tels ceux utilisés dans les batteries automobiles par exemple, possèdent des propriétés électromécaniques intermédiaires entre celles des solides et des liquides. Grâce à un dispositif métrologique original, des physiciens ont réalisé pour la première fois des mesures simultanées de l'élasticité et la conductivité électrique de ces fluides fortement conducteurs, au repos comme sous écoulement. Ce dispositif sensible a notamment permis de mettre en évidence des réarrangements de la microstructure du matériau sous de faibles déformations macroscopiques.

Les fluides complexes fortement conducteurs font l'objet de nombreuses applications, notamment dans le stockage de l'énergie. De fait, les physiciens cherchent à mesurer et à contrôler les propriétés mécaniques et électriques de ces matériaux mous, au repos et sous écoulement. Parallèlement aux techniques d'imagerie et de diffusion de rayonnement usuelles, quelques équipes dans le monde ont développé des dispositifs permettant de sonder la microstructure du fluide. Ces dispositifs allient des mesures de conductivité électrique, qui renseignent sur l'évolution de cette microstructure, et des mesures de propriétés mécaniques. Jusqu'à présent, de telles mesures n'ont été effectuées qu'avec des dispositifs permettant l'étude de fluides complexes faiblement conducteurs.

Pour la première fois, une équipe de physiciens du CNRS et du MIT relevant de l'unité mixte de recherche Multi-Scale Materials Science for Energy and Environment (MSE<sup>2</sup>), a réussi à mesurer simultanément les propriétés électromécaniques de gels fortement conducteurs. Ceux-ci sont formés de microparticules conductrices en suspension dans un fluide visqueux. Pour cela, ils ont développé une cellule de mesure rhéo-électrique inédite qui minimise

la friction mécanique lors de la mesure de conductivité. Les physiciens ont ainsi caractérisé quantitativement le lien entre l'élasticité et la structure de ce matériau modèle. En préparant des gels au repos *via* différentes histoires mécaniques, les chercheurs ont montré qu'élasticité et conductivité sont liées par une loi de puissance, dont l'exposant est caractéristique de la nature des microparticules en suspension dans le fluide. En outre, en explorant un régime de faibles déformations, ils ont détecté des réarrangements dans la microstructure du gel. Enfin, dans la limite des grandes déformations, ils ont caractérisé les propriétés rhéo-électriques de nombreux gels en écoulement stationnaire, démontrant la gamme d'applications possibles de cette cellule. Ces résultats sont publiés dans la revue *Physical Review Applied*.

Le dispositif rhéo-électrique se compose de deux plans conducteurs mobiles couverts d'une fine pellicule d'or entre lesquels est positionné l'échantillon. Du Gallium, un métal liquide à température ambiante, permet d'assurer la circulation du courant à travers la cellule. L'échantillon est sollicité mécaniquement *via* le plan supérieur qui peut tourner sur lui-même. Les mesures ont été conduites sur des gels de noir de carbone, qui sont constitués de microparticules de suie en suspension dans une huile minérale. Les microparticules sont attractives et forment au repos un réseau aux propriétés élastiques, qui peut être détruit sous l'effet d'une contrainte extérieure, avant de se reformer à nouveau lorsque le système ne subit aucune perturbation mécanique. La sensibilité du dispositif expérimental a permis de suivre les réarrangements de la microstructure au sein du gel, notamment lors de l'application d'une contrainte constante. Les premiers réarrangements associés se produisent pour de faibles déformations macroscopiques, ce qui les rend difficilement détectables par les outils de vélocimétrie classiques. Grâce à sa sensibilité, ce nouveau dispositif rhéo-électrique constitue une excellente sonde pour l'étude des précurseurs à la rupture des gels. Il ouvre ainsi la voie à l'étude de la « fatigue » des matériaux mous conducteurs, paramètre essentiel pour la conception des composants des batteries du futur.

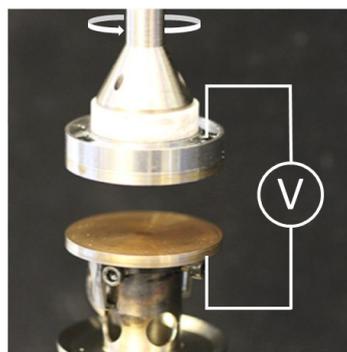


Photo du dispositif expérimental. L'échantillon est inséré entre deux plans recouverts d'une fine pellicule d'or. Le plan supérieur, qui sollicite le fluide mécaniquement, est connecté à un rhéomètre commercial. Un métal liquide à température ambiante est placé sur le plan supérieur. Il assure un contact électrique à moindre friction permettant de fermer le circuit électrique. © Ahmed Helal - MIT

### En savoir plus

[Simultaneous Rheoelectric Measurements of Strongly Conductive Complex Fluids](#)

Ahmed Helal, Thibaut Divoux et Gareth H. McKinley

*Physical Review Applied* (2016), DOI: 10.1103/PhysRevApplied.6.064004

### Contact chercheur

Thibaut Divoux, chargé de recherche au CNRS

### Informations complémentaires

MultiScale Material Science for Energy and Environment (MSE<sup>2</sup>, MIT/CNRS)

Centre de Recherche Paul Pascal (CRPP, CNRS)

Massachusetts Institute of Technology



Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie

3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp