

Effets thermoélectriques dans des fluides complexes : liquides ioniques et ferrofluides

Résumé

Les liquides complexes sont des matériaux très prometteurs pour réaliser la conversion bon marché et à grande échelle d'énergie thermique en énergie électrique, dans un contexte de réchauffement climatique et de maîtrise de la consommation d'énergie.

Nous montrons qu'en présence d'un couple redox, les cellules thermogalvaniques à base de liquides ioniques (NEA et EMIMTFSI) présentent des propriétés remarquables tels des coefficients Seebeck de plus de 5 mV/K ($\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ dans l'EMIMTFSI). De même, ces travaux présentent l'utilisation de ferrofluides, solutions colloïdales (aqueuses ou à base de solvants organiques) de nanoparticules magnétiques (maghémite), pour accroître le coefficient Seebeck et le courant extractible de générateurs thermoélectriques liquides. Les phénomènes réversibles d'adsorption des nanoparticules sur la surface des électrodes jouent également un rôle important sur les propriétés thermoélectriques de ces solutions, et sont modifiés par l'application de champs magnétiques homogènes parallèles ou perpendiculaires au gradient de température.

En l'absence d'un couple redox, les liquides ioniques peuvent être utilisés pour fabriquer des supercondensateurs à charge thermique. Ces derniers exploitent les modifications avec la température des double couches électriques aux interfaces liquide/électrode. Nous avons étudié ici ces modifications de double couches dans l'EMIMBF4 par simulations numériques de Monte-Carlo. Les résultats démontrent une amélioration conséquente des propriétés thermoélectriques lors de la dilution du liquide ionique dans un solvant organique, l'acétonitrile, en accord qualitatif avec les résultats expérimentaux.

Mots Clés

Thermoélectricité, cellule thermogalvanique, supercondensateur à charge thermique, liquide ionique, ferrofluide, méthode de Monte-Carlo, liquide thermoélectrique, entropie de transfert d'Eastman, colloïde

Abstract

Complex liquids are promising material for low cost and wide scale conversion of thermal energy to electric energy, within a context of global warming and control of the energy consumption.

In this work we showed that with a redox couple, ionic liquid (EAN and EMIMTFSI) based thermogalvanic cells present remarkable thermoelectric properties such as the Seebeck coefficient over 5 mV/K ($\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ in EMIMTFSI). Moreover, we demonstrated for the first time that ferrofluids, colloidal solutions (aqueous or organic solvent based) of magnetic nanoparticles (maghemite), can be used to increase both the Seebeck coefficient and the electric current in liquid thermoelectric generators through unknown physical processes. The importance of reversible adsorption phenomena of the nanoparticles on the electrodes' surface for the thermoelectric properties of these solutions was revealed. That can be further modified by a homogeneous magnetic field applied perpendicular or parallel to the temperature gradient.

Without a redox couple, ionic liquids can be used to build thermally chargeable supercapacitors. They take advantage of temperature dependent electrical double-layer formation at liquid/electrode interfaces. Here, we studied these double-layer modifications in EMIMBF4/platinum through Monte-Carlo simulations. The results show substantial modifications in the thermoelectric properties when the ionic liquid is diluted in an organic solvent, acetonitrile. These results are qualitatively consistent with experimental measurements.

Keywords

Thermoelectricity, thermogalvanic cell, thermally chargeable supercapacitor, ionic liquid, ferrofluid, Monte-Carlo method, thermoelectric liquid, Eastman entropy of transfert, colloid

