

Sujet de stage Master 2 recherche / Ingénieur

Élaboration et caractérisation de films polymères électroactifs pour le développement de capteurs acoustiques flexibles

Mots-clés

P(VDF-co-TrFE), films épais, piézoélectrique, capteurs à ondes acoustiques flexibles.

Contexte

Historiquement, la technologie des capteurs SAW s'appuie sur des substrats piézoélectriques rigides tels que le quartz, le niobate ou tantalite de lithium, ou encore l'AlN ou le ZnO déposés sur silicium [1]. Ces dispositifs offrent une excellente sensibilité et stabilité, mais leur rigidité et leur coût limitent leur intégration dans les systèmes électroniques flexibles, portables ou jetables. Dans ce contexte, les dispositifs flexibles suscitent un intérêt croissant grâce à leur capacité à s'adapter à des géométries complexes et à répondre aux besoins d'applications variées, allant du contrôle non-destructif à l'imagerie médicale [2-3].

Les polymères piézoélectriques, capable de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique et inversement, apparaissent comme des matériaux électroactifs clés pour répondre aux exigences technologiques liées la conception de dispositifs acoustiques compatibles avec des applications portables ou implantables, grâce à leur flexibilité, leur légèreté et leur facilité de mise en forme [4].

Le polyfluorure de vinylidène (PVDF) est un polymère largement étudié pour ses propriétés ferroélectriques et piézoélectriques [5]. Cependant, sa principale limitation réside dans la difficulté à cristalliser directement dans la phase β , qui est la seule phase véritablement polaire et ferroélectrique. L'incorporation du trifluoroéthylène (TrFE) dans la chaîne polymère permet de lever cette limitation. Le copolymère P(VDF-TrFE) présente une stabilisation de la conformation (all-trans), favorable à la formation directe de la phase β [6]. Ainsi, la maîtrise de la composition VDF-TrFE permet d'induire une région de transition intermédiaire, appelée phase morphotropique (MPB), où coexistent simultanément des propriétés ferroélectriques et relaxeurs, permettant d'accroître les propriétés piézoélectriques recherchées (Fig 1.b) [7]. Ces caractéristiques confèrent au P(VDF-TrFE) une sensibilité élevée et une efficacité de conversion électromécanique supérieure, en faisant un matériau de choix pour le développement de dispositifs SAW flexibles.

Travail proposé

Le projet propose d'élaborer des films épais (de l'ordre de quelques centaines de μm) du copolymère P(VDF-co-TrFE) à partir d'une solution par Spin-Coating, présentant les caractéristiques de la phase morphotropique (MPB). Les conditions de synthèse et de dépôt des films seront optimisées afin d'assurer de meilleures performances piézoélectriques.

Le travail vise à concevoir et développer un film piézoélectrique permettant la génération et la propagation d'ondes de surface, afin de concevoir des capteurs SAW flexibles, peu coûteux et faciles à produire.

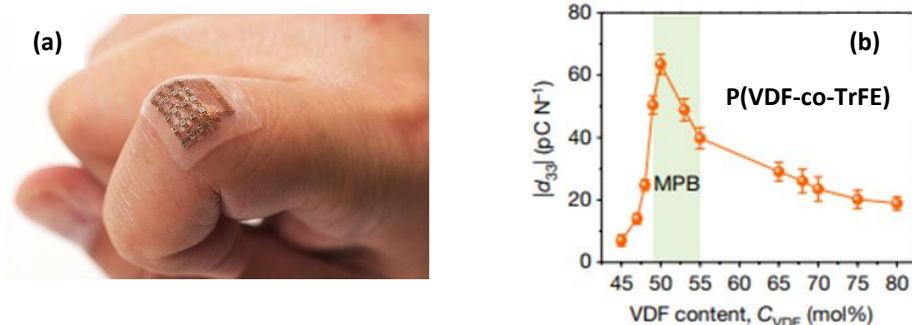


Figure 1 : (a) Exemple de capteur acoustique flexible pour une application médicale, (b) coefficient piézoélectrique autour de la MPB dans le P(VDF-TrFE).

Durant ce stage, les principales étapes envisagées sont :

- Préparation d'une solution homogène du copolymère P(VDF-TrFE).
- Élaboration de films épais de polymère par Spin-Coating.
- Caractérisation structurale par diffraction des rayons X (DRX).
- Etude des propriétés diélectriques (constante diélectrique et $\tan\delta$) et ferroélectriques (polarisation-champ électrique).
- Mesure du coefficient piézoélectrique et des facteurs de couplage électromécanique.
- Mise en œuvre des films lors de la conception de capteurs SAW.
- Caractérisation électrique des capteurs pour validation des propriétés acoustiques des films.

Références

- [1] F. Dubosc *et al.*, A Novel Design of Surface Acoustic Wave Device : Towards Sensor Sensitivity Enhancement, *Sensor Letters*, 15 (2017) 1-7.
- [2] Y. Sun *et al.* Ultrasonic flexible array for no-destructive testing if complex curved surfaces. *Ceramic International*. 50 (2024) 51979-51986.
- [3] Paul L. M. J. van Neer *et al.* Flexible large-area ultrasound arrays for medical applications made using embossed polymer structures. *Nature Communications* 15 (2024) 2802.
- [4] H. Ait Laasri *et al.* Ferroelectric BT-PVDF composite thick films for electrical energy storage. *J. Electron. Mater.* 50 (2021) 1132-1139.
- [5] B. Chen *et al.* Flexible piezoelectrics : integration of sensing, actuating and energy harvesting. *npj Flexible Electronics*. 9 (2025) 58.
- [6] M. Girardot *et al.* New insights on the crystal structure of P(VDF-co-TrFE) copolymer (55/45 mol%) and influence on the high piezoelectric response. *Polymer* 325 (2025) 128317.
- [7] Y. Liu *et al.* Ferroelectric polymers exhibiting behaviour reminiscent of a morphotropic phase boundary. *Nature* 562 (2018) 96-100.

Profil du candidat

Ce stage s'adresse à un(e) étudiant(e) d'un master 2 recherche ou d'école d'ingénieur, motivé(e) et curieux(se), ayant une bonne connaissance en sciences des matériaux. Des connaissances en acoustique seront aussi appréciées.

Lieu

Le stage se déroulera au laboratoire GREMAN (UMR CNRS 7347) entre l'IUT de Blois et l'INSA-CVL à Blois.

<http://greman.univ-tours.fr/>

Rémunération

En vigueur (environ 610 € net mensuel).

Période

Stage d'une durée de 5 ou 6 mois, à partir de février/mars 2026.

Encadrement et contacts

CV et lettre de motivation à envoyer à :

Laurianne Blanc, Maître de Conférences, Laboratoire GREMAN, IUT de Blois - Université de Tours.

laurianne.blanc@univ-tours.fr

Hicham Ait Laasri, Maître de Conférences, Laboratoire GREMAN, IUT de Blois - Université de Tours.

hicham.aitlaasri@univ-tours.fr