

Influence de la morphologie sol-gel sur les performances et la durabilité de membranes hybrides pour pile à hydrogène

C. Tougne¹, E. Ferri^{2,3}, M. Daoudi⁴, V. H. Mareau¹, H. Mendil-Jakani¹, V. Dufaud², C. Santini², E. Espuche³, O. Lottin⁴, J.-C. Perrin⁴, A. El Kaddouri⁴, L. Gonon¹

¹ Université Grenoble Alpes, CEA, CNRS, IRIG-SyMMES, 38054 Grenoble, France

² Université Claude Bernard Lyon1, UMR 5265, CP2M - CPE Lyon, 69616 Villeurbanne, France

³ Université Claude Bernard Lyon1, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux, 69621 Villeurbanne

⁴ Université de Lorraine, UMR 7563, LEMTA, 54500 Nancy, France

Les piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) sont des dispositifs prometteurs de conversion d'énergie sans émission de gaz à effet de serre. Cependant, la durée de vie de la membrane ionomère au cœur du dispositif n'atteint pas les objectifs industriels visés : 8000h pour le transport, 50000h pour le stationnaire, à haute température (100-150°C vs 80°C pour le Nafion) et à faible humidité relative (30%HR). L'objectif de nos travaux est de transformer les membranes alternatives commerciales très sensibles aux agents oxydants générés en pile (H_2O_2 , HO^* , HOO^*) en membranes hautes performances, stables chimiquement (protection contre l'oxydation) et mécaniquement (limitation des variations dimensionnelles). Notre stratégie, en rupture avec les approches traditionnelles, consiste à introduire, *via* la voie sol-gel (SG) très versatile, des groupes chimiques stabilisants capables de réduire ces agents oxydants. Les précurseurs SG sont sélectionnés pour diffuser et auto-condenser dans les membranes. Dans une étude précédente [1], la morphologie (taille, interaction/dispersion, connectivité) et la localisation de la phase SG dans la membrane hôte (régions polaires/apolaires) ont été identifiés comme des points cruciaux pour les propriétés fonctionnelles et la durabilité des membranes. En conséquence, afin d'optimiser la dispersion et la réactivité de la phase SG, parmi le large éventail de fonctions stabilisantes sacrificielles disponibles, notre choix s'est porté sur la fonction thiourée pour sa grande réactivité avec le peroxyde d'hydrogène [2] et sa forte affinité chimique avec le sPEEK. Les tests de vieillissement accéléré dans une solution d' H_2O_2 et les performances en piles à combustible montrent une opérabilité prometteuse des membranes hybrides synthétisées avec les précurseurs N,N'-bis[3-(triéthoxysilyl)propyl]thiourée (HTU) et N-phényl,N'- [3-(triéthoxysilyl)propyl]thiourée (TTU). La phase SG thiourée (TU) est capable d'inhiber le vieillissement chimique du sPEEK, nous observons une période d'induction (Figure 1a). L'étude de la morphologie de la phase SG HTU (Figure 1b) par une combinaison de techniques d'espace direct (AFM/SEM/TEM) et d'espace réciproque (variation de contraste SANS/SAXS/WAXS), nous a permis de montrer la très bonne distribution de la phase SG HTU (sous la forme de nano-billes).

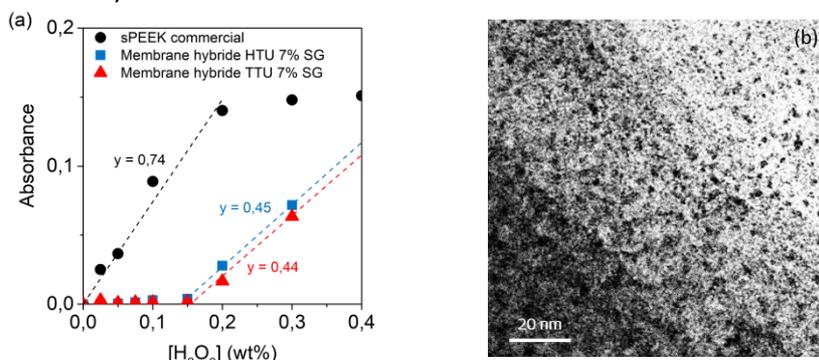


Figure 1 : (a) Evolution des produits de dégradation sPEEK piégés dans les membranes (IR Transmission) ; (b) Image TEM d'une membrane hybride HTU 28.6%SG

Références

- [1] N. Huynh, J.P. Cosas Fernandes, P.A. Bayle, E. Espuche, J. Dillet, J.-C. Perrin, A. El Kaddouri, O.Lottin, V.H. Mareau, H. Mendil-Jakani, L. Gonon, Journal of Power Sources, Volume 462, 2020
- [2] M. Hoffmann and J. O. Edwards, Inorganic Chemistry, 16 (12), 3333-3338, 1977