

Dynamique relaxationnelle de films fins PEBDL pour applications ballons stratosphériques : mobilité moléculaire et relations structure - propriétés physiques macroscopiques

Nathan Dintilhac^{1,2,3}, Simon Lewandowski², Laure Gevaux³, Éric Dantras^{1,*}

¹ Université de Toulouse, CIRIMAT, Physique des Polymères, Toulouse, France

² DPHY, ONERA, Université de Toulouse, 31000 Toulouse, France

³ Centre National d'Etudes Spatiales, 18 avenue Edouard Belin F31401 Toulouse Cedex 09, France

* eric.dantras@utoulouse.fr

Mots-clés : PEBDL, dynamique relaxationnelle, mobilité moléculaire

Résumé :

Le Polyéthylène Basse Densité Linéaire (PEBDL) est utilisé sous forme de films fins comme enveloppe structurale pour les Ballons Stratosphériques Ouverts (BSO) lancés par le CNES. Ces ballons permettent le transport de différents équipements scientifiques (dynamique de l'atmosphère, étude des sciences de l'univers,) jusqu'à une altitude de 45 km. Les bonnes propriétés thermo-optiques du PEBDL, sa faible masse surfacique et son faible coût de production, permettent d'envisager son utilisation pour d'autres types de ballons stratosphériques (ballons manœuvrant et/ou aeroclippers) pressurisés. Ses propriétés mécaniques et son imperméabilité à l'hélium nécessitent d'être optimisées. Pour répondre à cette problématique, le choix s'est porté sur un matériau multicouche composé de deux couches externes de PEBDL et d'une couche interne de copolymère poly(éthylène-co- alcool vinylique) (EVOH). L'ajout d'EVOH diminue par 4 la perméance du PEBDL pur (essais réalisés dans une enceinte ONERA), permettant d'envisager ce type de matériau pour des vols longue durée.

Les propriétés mécaniques des films ont été étudiées par **Analyse Mécanique Dynamique** (AMD) en élongation et **Fluage ThermoStimulé** (FTS). Une attention particulière a été portée à l'influence de l'EVOH sur la microstructure complexe et la mobilité moléculaire de ce film multicouche. La couche d'EVOH complexifie l'étude de la **dynamique relaxationnelle** du film multicouche. La réponse de chaque homopolymère composant le copolymère EVOH est perçue au même titre que les couches de PEBDL. La traction uniaxiale ainsi que l'AMD ont mis en évidence une augmentation du module mécanique du film multicouche par rapport au PEBDL, provenant directement de la forte interaction entre les liaisons hydrogène des séquences PVA du copolymère EVOH. La corrélation avec d'autres techniques d'étude de la mobilité moléculaire, i.e. technique de spectroscopie diélectrique, a permis d'approfondir notre compréhension de ces multicouches. Même si dans ce cas précis, les techniques diélectriques tels que la **Spectroscopie Diélectrique Dynamique** par exemple, ont rarement été utilisées en raison de la nature apolaire des polyoléfinés. Une macromolécule non polaire aura un très mauvais rapport signal / bruit. Nous présenterons un protocole qui a permis d'implémenter des dipôles sur un PEBDL apolaire, par irradiation gamma, et suivre la mobilité moléculaire.

Cette étude [1-2] nous rappelle que le type de sollicitation utilisée (mécanique, diélectrique ou thermique) est responsable de la mise en évidence de la mobilité moléculaire. Si une partie de la mobilité moléculaire n'est pas observable pour un stimulus donné (i.e. électrique dans les cas des polyoléfinés apolaires), elle joue néanmoins un rôle dans les propriétés physiques macroscopiques.

Références :

[1] Dintilhac et al., Journal of non crystalline solids, 621 ,2023

[2] Dintilhac et al., Polymer, 302 ,2024