

Contribution de techniques d'analyses mécaniques à l'étude de films fins PEBDL pour applications ballons stratosphériques : influence de la mise en œuvre

N.Dintilhac^{1,2,3}, S.Lewandowski², A.S.Lectez³, E.Dantras¹

¹CIRIMAT, Université de Toulouse III Paul Sabatier, Physique des Polymères, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France

²ONERA/DPHY, Université de Toulouse F31055, France

³CNES, 18 avenue Edouard Belin F-31401 Toulouse Cedex 9, France

Contexte



- Les films fins Polyéthylène Basse Densité Linéaire (PEBDL) composent la structure des Ballons Stratosphériques Ouverts (BSO) du CNES.
- Le besoin d'étendre la durée et le type de missions des BSO a poussé le CNES à développer un nouveau film plus adapté aux spécifications requises.
- Le PEBDL est un matériau complexe à analyser par des méthodes conventionnelles. Le cœur de la thèse s'articule autour de la mise en place de méthodes originales dans l'étude des propriétés physiques du film afin de vérifier l'adéquation du matériau au cahier des charges imposé (résistance à la contrainte sur une large gamme de températures, résistance aux UV...):

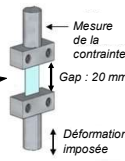
Utiliser la mobilité relaxationnelle comme une sonde à l'échelle microstructurale.

Relier la microstructure avec les propriétés mécaniques macroscopiques.

Dispositifs expérimentaux

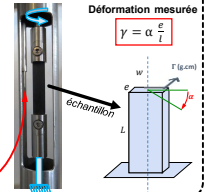
Analyse Mécanique Dynamique (AMD)

- Sollicitation en elongation :
M = Modules élongationnels (E', E'')
- Fréquence : 5 Hz
- Déformation imposée :
 $\gamma = 0,06\%$
- $\Delta T = -130^\circ C \rightarrow 50^\circ C$ à $3^\circ C/min$.



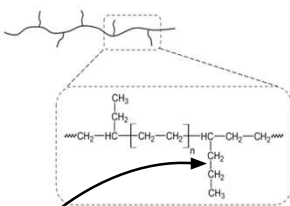
Fluage Thermostimulé (FTS)

- Développé au CIRIMAT
- Haut pouvoir de résolution
- Haute Sensibilité
- Mesure de recouvrement de γ en appliquant une σ à une température T puis en supprimant la σ à une température de tremp $T_0 < T$



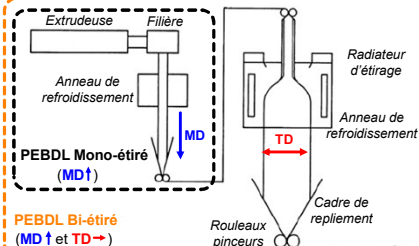
Matériaux d'étude : PolyÉthylène Basse Densité Linéaire (PEBDL)

Structure chimique



Branchements courts dont la longueur est contrôlée pour optimiser les propriétés du polymère.

Procédés de fabrication



Caractéristiques générales :

- Thermoplastique semi-cristallin
- $T_f = 120^\circ C$

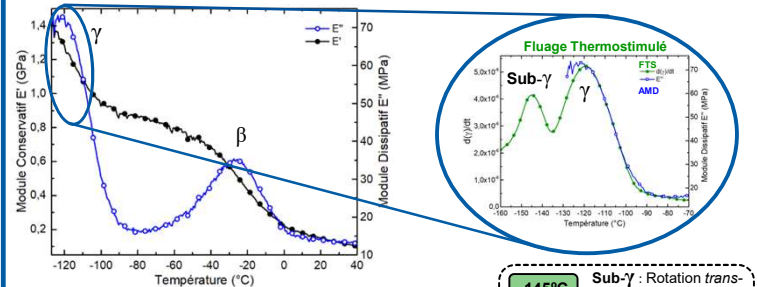
PEBDL Mono-étrité (actuellement utilisé sur les BSO)

- $X_c = 38\%$
- Épaisseur 60 μm

PEBDL Bi-étrité (nouveau film sélectionné par le CNES)

- $X_c = 32\%$
- Épaisseur 38 μm

Etude de la mobilité moléculaire du PEBDL

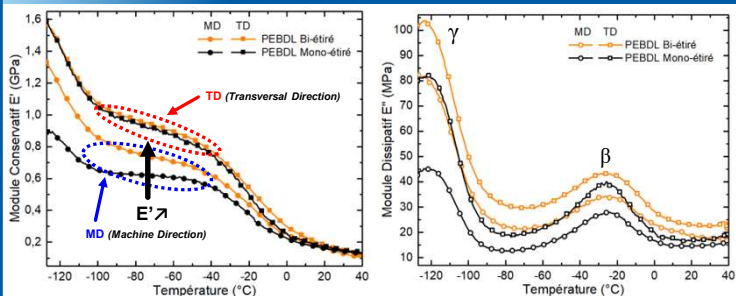


-120°C
« Crankshaft »
 γ : Mobilité de type « crankshaft » et mouvement d'extrémités de chaînes.

-25°C β : Mobilité de la phase amorphe interlamellaire.
Lamelle cristalline
Phase amorphe interlamellaire

-145°C Sub- γ : Rotation trans-gauche de liaisons C-C.

Influence du sens d'étréage : Comparaison entre les films



↗ du module conservatif dans le sens MD pour le PEBDL Bi-étrité due à une orientation isotropique de la phase cristalline.

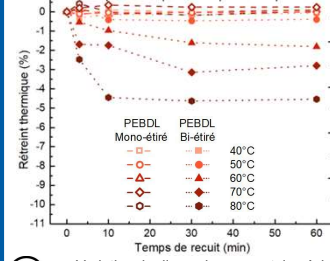
Mode γ : Quantité d'énergie dissipée plus importante pour le PEBDL Bi-étrité.

En prenant en compte les deux sens d'étréage : E' et E'' sont plus élevés pour le PEBDL Bi-étrité.

Thermosensibilité du PEBDL bi-étrité

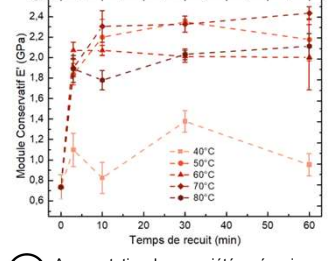
Tests de stabilité thermique du matériau par protocoles de recuit f(T_{recuit}, t_{recuit}).

Mesures de rétreint thermique après recuit



☹️ Variation du dimensionnement des échantillons → Relaxation de contraintes internes activé par la T_{recuit}

Evolution de E' après recuit



☺️ Augmentation des propriétés mécaniques élongationnelles après recuit.

Nécessité de stabiliser le film pour des températures au-delà de l'ambiante.

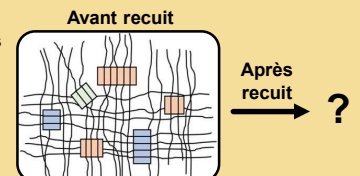
Conclusion

- Le PEBDL comporte deux modes de relaxation : β et γ , au mode γ est associé une composante sub- γ .
- Le PEBDL Bi-étrité a de meilleurs propriétés mécaniques en élongation que le PEBDL Mono-étrité.
 - ↳ Meilleur choix pour constituer l'enveloppe des BSO.
- Cependant, le PEBDL Bi-étrité est plus impacté par les hautes températures :
 - ↳ Rétreint thermique notable après recuit
 - ↳ ↗ des propriétés mécaniques.

Perspectives

Etudier l'impact des hautes températures sur la phase cristalline du polymère :

- ↳ Suivre l'évolution du taux de cristallinité.
- ↳ Déterminer l'orientation de la phase cristalline après recuit.



Représentation schématique de la microstructure du PEBDL Bi-étrité