

COMMENT MAITRISER LE GONFLEMENT EN SORTIE DE FILIÈRE

A. CALCULS

Le taux de gonflement B est le rapport entre le diamètre du jonc extrudé D_e et le diamètre du capillaire D_c . Si la mesure s'effectue à 23°C, on parlera de taux de gonflement conventionnel. L'équation est donnée ci-dessous.

$$B = \frac{D_e}{D_c}$$

Plus généralement, on exprime le gonflement à l'aide du pourcentage de mémoire élastique. Il s'agit de la différence entre le diamètre du jonc extrudé et le diamètre du capillaire exprimée en pourcentage. À la température d'essai, on parlera de pourcentage apparent alors qu'à 23°C, on parlera de pourcentage conventionnel.

$$\% \text{ de mémoire élastique} = \frac{D_e - D_c}{D_c} \times 100$$

B. METHODE

Les essais réalisés pour les besoins de cette étude ont été effectués sur un [MFI M3350](#) avec les mêmes conditions d'essais que précédemment (voir article [1](#) et [2](#)).

La mesure du diamètre a été rendue possible grâce à un système optique (précision $\pm 10 \mu\text{m}$) mesurant le diamètre du jonc en continu.

La distance entre la sortie de la filière et le système optique a été fixée à 25 mm. La valeur de diamètre utilisée pour le calcul du taux de gonflement correspond au moment où le jonc fait 50 mm de long.

C. RESULTATS

Les résultats obtenus au cours de mesures du taux de gonflement sont représentés sur les figures ci-dessous (*Figures 1 et 2*). Sur la première figure, on note que le gonflement diminue quand la température augmente pour une même valeur de viscosité. En effet, le

processus de relaxation de contrainte requiert suffisamment d'énergie pour que les molécules contraintes dépassent la barrière énergétique de la rotation moléculaire. De ce fait, une augmentation de température peut augmenter le taux de relaxation de contraintes, provoquant une diminution du taux de gonflement. En plus de l'augmentation du taux de relaxation de contraintes, une diminution de la viscosité causée par une augmentation de la température contribue à réduire le taux de gonflement par la diminution de la contrainte appliquée aux macromolécules.

On peut de plus observer que, pour les valeurs les plus élevées de viscosités de chaque température d'essai, le gonflement est négatif. Pour ces valeurs de viscosités, les macromolécules sont sous une contrainte très faible. Le polymère a donc un comportement newtonien. Les chaînes macromoléculaires sont de ce fait très peu déformées. En sortie de filière, le polyéthylène étant semi-cristallin, ses macromolécules s'organisent au cours du refroidissement quand la température approche la température de cristallisation. Les phases cristallines étant plus denses que les phases amorphes (état de la matière fondue), une réduction du volume, donc de la section, est mesurée.

Par ailleurs, on observe des cassures de pente nette pour les courbes obtenues à 150°C, 170°C et 190°C. Elles semblent correspondre aux zones de basculement entre le comportement newtonien et le comportement rhéofluidifiant (voir [article 2](#)).

La deuxième figure permet de voir que le taux de gonflement augmente avec le gradient de vitesse indépendamment de la température. On voit que le taux de gonflement augmente d'abord rapidement, puis cette augmentation ralentit et semble tendre vers un palier à 1,35 (soit 35% de pourcentage de mémoire élastique). Ce résultat est logique, le taux de relaxation de contrainte étant lié en premier lieu à la vitesse de passage des macromolécules dans la filière.

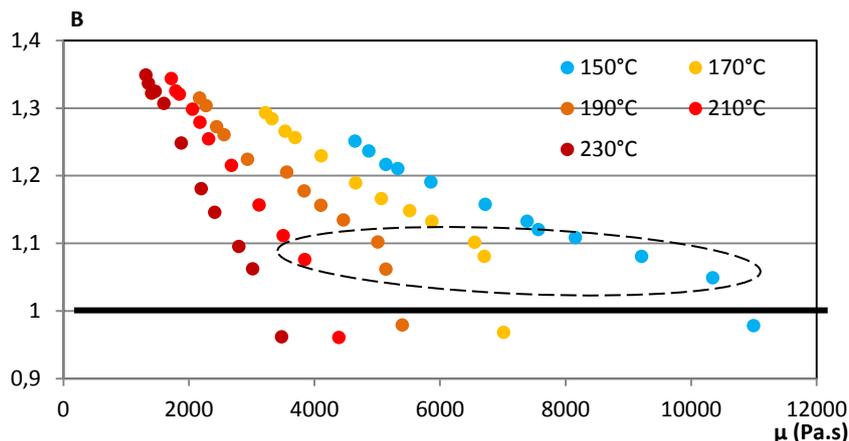


Figure 1 : Taux de gonflement en fonction de la viscosité et de la température.

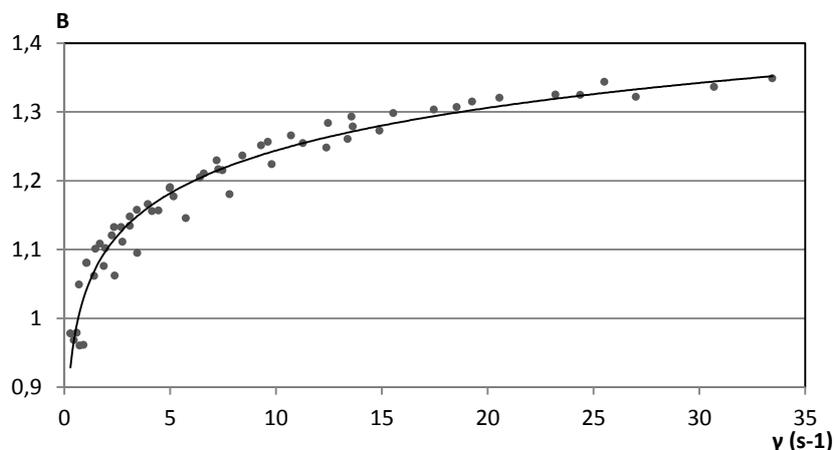


Figure 2 : Taux de gonflement en fonction du gradient de vitesse.

D. CONCLUSION

Nous avons vu au travers de ces articles qu'il est possible d'accéder à un grand nombre d'informations quant au comportement rhéologique des polymères sans avoir recours à des rhéomètres complexes. Avec un instrument type MFI et en appliquant les équations rhéologiques de base, nous avons pu ainsi :

- Tracer le rhéogramme du polymère à différentes températures ;
- Déterminer les constantes rhéologiques ;

- Mesurer le comportement en sortie de filière.

Pour l'opérateur habitué à utiliser le grade MFI comme seule information, l'accès à ces données supplémentaires est un plus qui peut lui permettre d'optimiser son/ses procédé(s) et/ou de faciliter le choix d'un matériau en fonction d'une application ou d'une méthode de mise en œuvre définie.

Références bibliographiques

[1] C. Sirisinha, *A review of extrudate swell in polymers*, Journal Science Society of Thailand 23 (1997) 259-280.
 [2] NF T 51-560 : Plastiques - Détermination des caractéristiques rhéologiques à l'état fondu – Méthode au rhéomètre capillaire
 [3] ASTM D3835: Standard Test Method for Determination of Properties of Polymeric Materials by Means of Capillary Rheometer
 [4] ISO 11443:2014 : Plastiques - Détermination de la fluidité au moyen de rhéomètres équipés d'une filière capillaire ou plate