

Etude Expérimentale de L'effet du Défaut et de sa Longueur sur les Propriétés Mécanique du Polystyrène Choc Lors d'un Essai de Traction Uniaxiale

BAHA Meryem ¹, LAMARTI Amal ², HACHIM Abdelilah ², SEHAQUI Rachid ¹

¹ Faculté des Sciences Ain Chock, Université Hassan II Casablanca, laboratoire de Mécanique, Maroc.
baha.meryem1@gmail.com

² Institut Supérieur d'études Maritimes, Université Hassan II-Casablanca, Mécanique, Maroc.

Résumé

Les polystyrène choc, qui est un polymère thermoplastique représente un comportement ductile lors d'une sollicitation mécanique, ce matériau est caractérisé par ces propres caractéristiques mécaniques qui peuvent varier selon différents paramètres tels que l'absence ou non d'un défaut ou d'une entaille, ainsi que ces conditions d'utilisation (température ambiante ou élevée).

Cette étude a pour objectif de caractériser le polystyrène choc (High Impact Polystrene), et de déterminer l'effet de la présence d'un défaut et de la variation de sa longueur sur le comportement mécanique de ce matériau lors d'une sollicitation en traction uniaxiale réaliser à température ambiante. L'étude a montré que l'existence d'un défaut affecte négativement les propriétés mécaniques du matériau.

Mots clés : Polystyrène choc, traction, polymère, défaut.

1. Introduction et problématique

Les polymères existent depuis le début de la vie, ils ont été utilisés pour de nombreuses applications telles que les vêtements, la décoration, les matériaux d'écriture [1]. Le premier polymère entièrement synthétique (c-à-d ne contient aucune molécule présente dans la nature) appelé Bakélite d'après le nom de Leo Beakeland, a été inventé entre 1907 et 1909 [2].

Les polymères peuvent être séparés en trois groupes : les thermodurcissables, les élastomères et les thermoplastiques. Les thermoplastiques peuvent également être divisés en deux catégories en fonction de leurs structures moléculaires : Amorphe et semi-cristallin [1], [3]. En général, les polymères peuvent être utilisés dans de nombreuses applications telles que l'automobile, l'emballage (alimentaire, médical...), l'impression 3D, et l'isolation thermique. Pour une application automobile ou emballage, les propriétés mécaniques du matériau tel que la résistance à la traction, à la flexion ou au choc doivent être mesurées.

Le polystyrène est l'un des plastiques industriels les plus courants dans la vie quotidienne. Il a été découvert accidentellement en 1839, par le pharmacien allemand Edward Simon [4]. Ce matériau est obtenu par polymérisation de monomères de styrène. C'est une matière solide à 20°C et pâteuse à 120°C, qui fond entre 150°C et 170°C.

El bhillat et al. ont réalisé une étude expérimentale du comportement mécanique du polystyrène choc (High Impact Polystyrène) durant un essai de traction uniaxiale [5]. Tandis que Ferrando et al.[6] ont comparé deux échantillons différents de polystyrène choc vierge et recyclé en déterminant les propriétés rhéologiques et mécaniques des deux matériaux. Une analyse dynamique mécanique a été réalisée par Rek et al.[7] sur deux polymères polystyrène choc (HIPS), styrène/butadiène/styrène (SBS) et de leur mélange. Le comportement en fatigue du HIPS lors d'un essai de choc et les mécanismes de fracture ont été examinées par Yilmaz et al.[8]. Hylova et al.[9] de leur côté ont étudié

les propriétés mécaniques du polystyrène choc lors d'un essai de choc Charpy, essai de flexion trois points et l'essai de traction à température ambiante.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la présence d'un défaut et de sa longueur sur le comportement mécanique du polystyrène choc (HIPS) lors d'un essai de traction uniaxiale.

2. Méthodologie expérimentale

a. Matériaux

Le matériau étudié est le polystyrène choc (HIPS), qui est un thermoplastique ayant une structure intermoléculaire amorphe, il est obtenu par greffage de polybutadiène (de 2% à 10%) au cours de la polymérisation du styrène (Figure 1), ce qui permet de rendre ce matériau capable à supporter des impacts forts que le polystyrène cristal [10].

Le polystyrène choc est fabriqué selon le procédé suivant : la première étape consiste à préparer la matière première, puis pré-polymérisation sous agitation; et finalement la polymérisation est achevée, avec ou sans agitation[11].

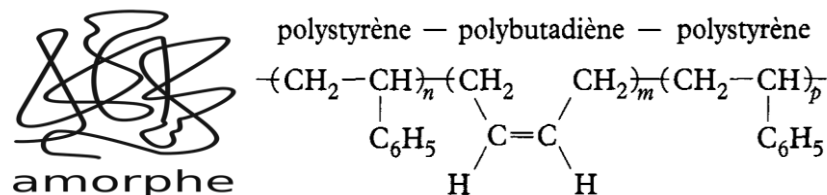


Figure 1 : Structure moléculaire du polystyrène choc

b. Préparation des éprouvettes

L'objectif de cette partie est d'étudier l'effet de la présence des défauts de différentes longueurs sur les propriétés mécaniques du polystyrène choc (HIPS : High Impact Polystyrène) durant un essai de traction uniaxiale. Les essais de traction ont été menés sur des éprouvettes rectangulaires découpées, en utilisant un tranchoir, à partir des plaques de dimensions 300 x 295 mm (Figure 2). Les éprouvettes ont une longueur de 80 mm et une largeur de 20 mm ainsi qu'une épaisseur de 1.3 mm.



Figure 2 : Plaque du polystyrène choc (HIPS)

c. Essai de caractérisation

L'essai de caractérisation du polystyrène choc a été réalisé sur des éprouvettes vierges de dimensions 80 x 20 x 1.3 mm à température ambiante, l'objectif de cette partie est d'étudier les propriétés mécaniques du polystyrène choc afin de comparer avec les résultats des éprouvettes contenant un défaut.

d. L'effet du défaut

L'effet de la variation de la longueur de défaut sur les propriétés du polystyrène choc durant un essai de traction à température ambiante est étudié. Deux longueurs de défaut ont été choisies (4mm et 12mm). L'essai a été réalisé sur une machine de traction de type MTS criterion, model 45, série 40 (C45.105) avec une force maximale de 100 kN.

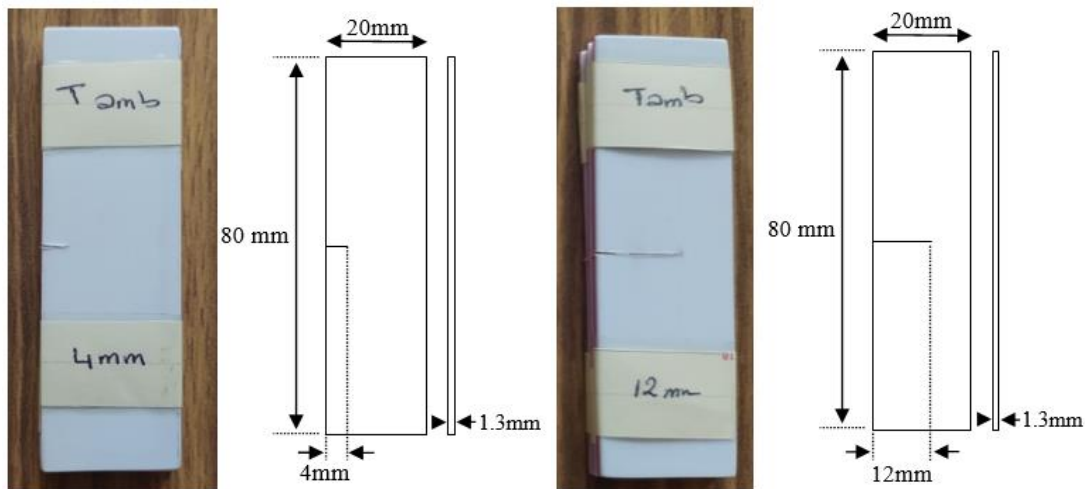


Figure 3 : dimensions des éprouvettes du polystyrène choc (HIPS)

3. Résultats et discussion

a. Caractérisation du matériau

La figure 1 représente la courbe de caractérisation du polystyrène choc lors d'un essai de traction à température ambiante. La courbe illustre le comportement ductile du polymère, caractérisé par la présence 3 zones : la zone I est une zone viscoélastique dont les déformations sont réversibles. Zone II : une zone viscoplastique délimité par la limite d'élasticité (Tableau 1). Dans cette zone, le phénomène d'adoucissement caractérisé par une diminution de la contrainte jusqu'à une valeur minimale de 18,8 MPa apparaît suivi d'un plateau caoutchouteux (zone III) dont la contrainte se stabilise à une valeur minimale et ne dépend plus des déformations (état stationnaire).

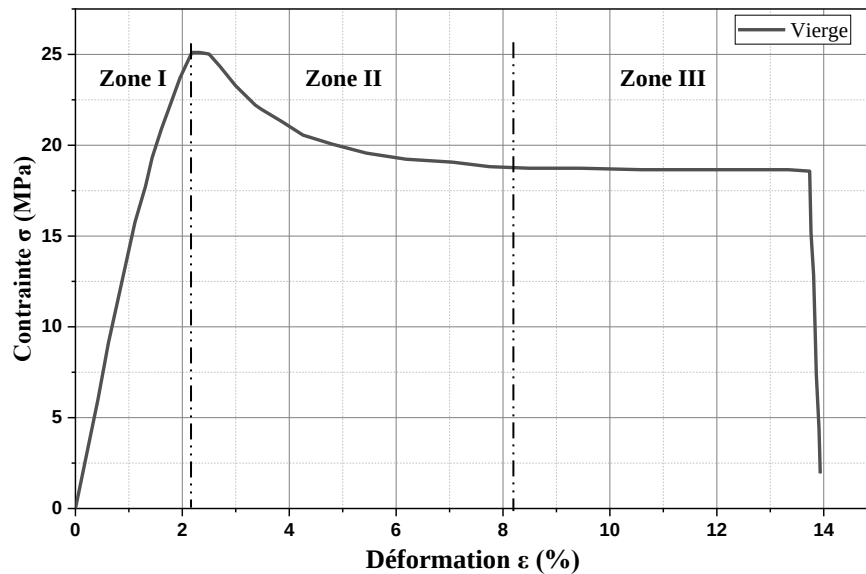


Figure 4 : Courbe de caractérisation du polystyrène choc HIPS

Le tableau 1 représente les propriétés mécaniques du polystyrène choc obtenus lors d'un essai de traction uniaxiale. Le module d'Young du polystyrène choc utilisé durant cette étude atteint une valeur de 1.4 GPa, qui représente une valeur élevée par rapport à celle obtenue par El Bhilat [5] (environ 0.24 GPa). Tandis que la contrainte maximale atteinte et l'allongement à la rupture obtenus ne dépassent pas celle d'El bhilat (Allongement à la rupture de 40 % et une contrainte maximale de 31,23 MPa).

Module d'Young (GPa)	Limite élastique (MPa)	Contrainte maximale (MPa)	Contrainte à la rupture (MPa)	Allongement à la rupture (%)
1,428	21,25	25,1	18,65	13,9

Tableau 1 : Propriétés mécanique du Polystyrène choc

b. Analyse des résultats de traction des éprouvettes entaillées à 23°C

La figure 5 illustre l'effet de la variation de la longueur du défaut sur la réponse mécanique du polystyrène choc lors d'un essai de traction, deux longueurs de défaut ont été choisies : 4mm et 12mm. Ces courbes montrent une notable variation des propriétés mécaniques du polystyrène choc lors de la présence d'un défaut, plus la longueur du défaut est importante plus la variation est remarquable. Dans le cas d'un défaut de 4mm, la contrainte maximale et la déformation ont diminuées de 25,1 MPa jusqu'à 13,76 MPa pour la contrainte et de 14 % à 1,92 % pour la déformation. Plus la longueur du défaut augmente, plus le taux de déformation et la contrainte diminue jusqu'à atteindre une contrainte maximale de 4,45 MPa et une déformation de 0.76 % pour une longueur de défaut de 12mm.

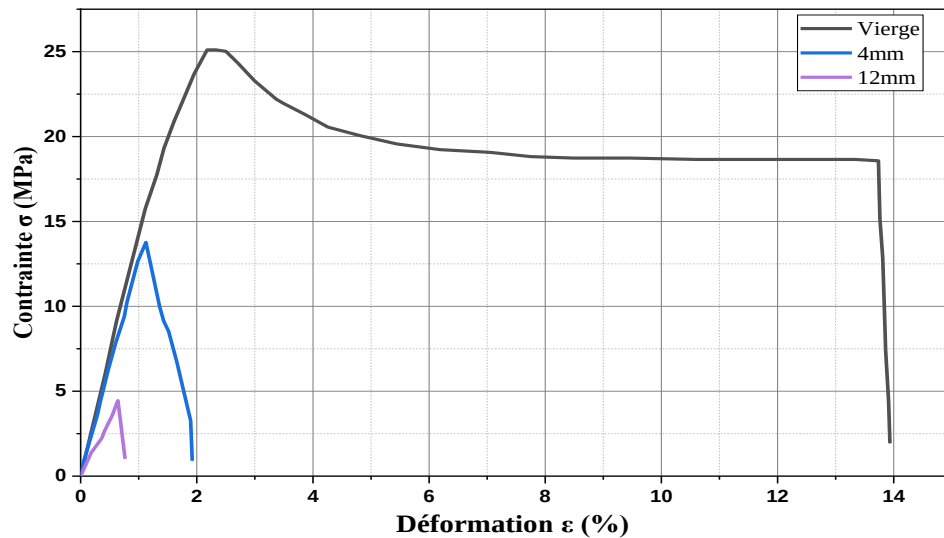


Figure 5 : Courbe contrainte-déformation pour les différentes longueurs de défaut à 23° C

Conclusion

Dans cette, l'effet de la présence d'un défaut sur les propriétés mécaniques d'un polymère amorphe a été étudié durant un essai de caractérisation. L'étude a montré que lors de la présence du défaut les propriétés mécaniques (Allongement à la rupture, contrainte maximale, limite élastique) du polystyrène choc ont diminué, plus la longueur du défaut augmente plus la chute des caractéristiques est plus importante.

Dans le cas d'une éprouvette vierge, la présence de la zone viscoplastique est remarquable, alors qu'elle a disparu dans le cas des défauts.

4. Références

- [1] R. J. Young and P. A. Lovell, *Introduction to Polymers*. 2020.
- [2] L. H. Sperling, "History of interpenetrating polymer networks starting with bakelite-Based compositions," *ACS Symp. Ser.*, vol. 1080, pp. 69–82, 2011, doi: 10.1021/bk-2011-1080.ch005.
- [3] M. BEN NEJMA, "Les classes des polymères," pp. 10–22.
- [4] I. Baker, "Fifty materials that make the world," *Fifty Mater. That Make World*, pp. 1–271, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-78766-4.
- [5] H. El Bhilat, A. Hachim, and K. El Had, "Caractérisation du comportement HIPS sous tension uni axiale et modélisation de la loi de comportement thermomécanique du module de Young dans le domaine élastique .," 2018.
- [6] H. E. Ferrando, L. Bianchetti, F. Rodríguez, D. Ferrer-Balas, and M. L. Maspocho, "HIPS recyclé pour la fabrication de composants de télévision," *Déchets, Sci. Tech.*, no. 19, pp. 13–16, 2000, doi: 10.4267/dechets-sciences-techniques.433.
- [7] V. Rek, T. H. Grgurić, K. JelEiE, and D. Hace, "Dynamic mechanical behaviour of styrene," vol. 436, pp. 425–436, 1999, doi: 10.1002/masy.19991480132.
- [8] T. Yilmaz, T. Sahin, and T. Sinmazcelik, "Fracture characteristics of high impact polystyrene under impact fatigue loadings," *J. Mater. Sci.*, vol. 44, no. 16, pp. 4308–4314, 2009, doi: 10.1007/s10853-009-3640-3.
- [9] L. Hýlová, A. Mizera, M. Mizera, R. Grund, and M. Ovsík, "Mechanical Properties Study of High Impact Polystyrene under Impact and Static Tests," *IOP Conf. Ser.*

- Mater. Sci. Eng.*, vol. 448, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/448/1/012044.
- [10] S. Burzoni, “Le 1,3-butadiène : mise à jour des connaissances et évaluation de l'exposition en milieu de travail,” p. 162, 2017, doi: 10.1016/j.admp.2016.03.338.
- [11] C. B. Bucknall, *Toughened Plastics*, 1st ed. Springer Science+ Business Media, B, V., 1977.