

# Étude de l'influence de la vitesse de sollicitation sur la propagation des fissures dans l'ABS

R. EL Haimer<sup>1</sup>, R. Rhanim<sup>2</sup>, H. Rhanim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et Énergétique LME, Département de Physique, Université, Chouaib Doukkali d'EL Jadida, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire Instrumentation de Mesure et de Contrôle IMC, Département de Physique, Université Chouaib Doukkali, d'EL Jadida, Maroc

## Résumé :

De plus en plus les polymères deviennent des matériaux principaux aux constructions industrielles telles que le domaine d'automobile, l'aviation, les composantes aéronautique...en effet ils sont soumis au chargement avec grandes vitesses de sollicitation.

Ce manuscrit a pour but d'étudier l'influence de la vitesse de chargement en traction uniaxiale sur la propagation des fissures dans le thermoplastique l'Acrylonitrile Butadiène Styène à partir d'une série des expériences sur des éprouvettes de forme parallépipède soumis au chargement de traction quasi-statique à différentes vitesses de sollicitation à savoir 10mm/min, 50mm/min et 100mm/min à la température ambiante. Les résultats obtenues montrent que plus la vitesse de sollicitation est élevée le comportement de l'ABS se rapproche d'un comportement complètement fragile et l'évolution des fissures devient non contrôlable, mais le facteur d'intensité de contrainte critique n'est pas influencé.

**Mots clefs :** *ABS, propagation des fissures, vitesse de sollicitation, traction, facteur d'intensité de contrainte*

## 1. INTRODUCTION

Les matériaux Polymères utilisés dans les industries modernes présentent une combinaison précieuse de propriétés, telles que: la Résistance à la corrosion, haut module d'élasticité et rigidité en ce qui concerne leur densité, bonne isolation thermique et électrique, Excellente conception de forme et formabilité [1]. Les propriétés physico-chimiques et mécaniques des matériaux sont modifiées en utilisation pour une grande variété d'applications industrielles [2,3]. Du fait de leurs utilisations dans des applications importantes à savoir l'aviation et les composantes aéronautiques, les polymères soumis à des vitesses de sollicitations plus élevées [4]. Sous l'effet de l'augmentation de la vitesse de sollicitation, la contrainte d'écoulement augmente et elle limite la mobilité des chaînes moléculaires dans les polymères [5,6].

Le présent manuscrit concerne à l'étude the l'influence de la vitesse de chargement en traction sur la propagation des fissures dans le thermoplastique ABS (l'Acrylonitrile Butadiène Styène) à partir d'une série d'expérience sur des éprouvette en ABS sollicités avec différentes vitesses de chargement à la température ambiante.

## 2. Expérimentation

Dans cette partie, on s'attachera à décrire le polymère étudié, la morphologie des éprouvettes ainsi que la technique expérimentale permettant de la mesure de l'évolution de la fissure au cours de la sollicitation mécanique.

### 2.1 Matériau utilisé

Le matériau utilisé dans ce travail est l'Acrylonitrile Butadiène Styène (ABS), est un polymère amorphe fabriqué par émulsion ou polymérisation en masse d'acrylonitrile et de styrène en présence de polybutadiène.

Les propriétés mécaniques de l'ABS, obtenus par des essais de traction sur des éprouvettes réalisés selon la norme ASTM D638-03 [7], sont résumées dans le tableau 1.

Propriétés	Unité	valeur
Module de Young	GPa	2
Contrainte limite d'élasticité	MPa	29,779
Contrainte de rupture	MPa	34,39

Tableau 1. Propriétés mécanique de l'ABS

### 2.2 Méthode opératoire

Nous avons appliqué des essais de traction avec trois vitesses de sollicitation à savoir 10 mm/min, 50 mm/min et 100 mm/min sur des éprouvettes en ABS de forme parallépipède de dimensions 60x20x1.46mm<sup>3</sup>. Ces éprouvettes sont endommagées artificiellement par une entaille a de longueur initiale égal à 1mm [8]. La mesure de la variation de la longueur de la fissure au cours de temps est réalisée optiquement par une caméra numérique. La figure (1) présente l'éprouvette d'étude :

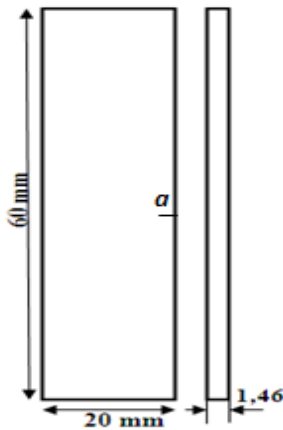


Fig. 2: épreuve d'étude

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 L'influence de la vitesse de chargement sur la propagation des fissures

##### a. Propagation des fissures

Pour évaluer l'influence de la vitesse de chargement sur la vitesse de propagation des fissures, nous avons réalisé une série d'essais en traction uniaxiale sur nos éprouvettes avec trois différentes vitesses de sollicitation à savoir 10 mm/min, 50 mm/min et 100mm/min, à la température ambiante. La figure (2) présente l'évolution de la fissure au cours du temps pour les trois vitesses de chargement. On observe que la fissure se propage d'une manière stable pour un premier temps puis elle s'accélère exponentiellement et entraîne une rupture brutale de la structure, ce qui justifie la diminution de leur durée de vie vis à vis à la vitesse de sollicitation. Par conséquent, plus la vitesse de chargement est élevée l'éprouvette entre la zone instable du dommage rapidement et la fissure devient non contrôlable.

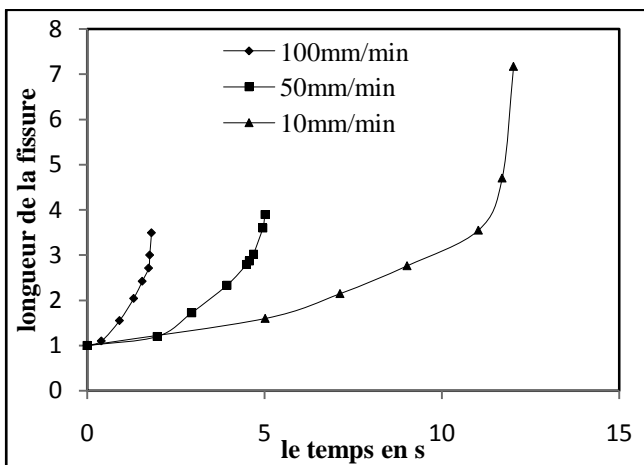


Fig. 1: variation de longueur de la fissure en fonction de temps

##### b. Facteur d'intensité de contrainte

Les valeurs du FIC en mode I sont calculées à l'aide de la relation suivante :

$$KI = \sigma \sqrt{\pi a} f\left(\frac{a}{w}\right) \quad (1)$$

Avec:

$\sigma$  : La contrainte maximale de traction;

$a$  : La longueur de la fissure ;

$w$  : La largeur de l'éprouvette,

et  $f\left(\frac{a}{w}\right)$  est un facteur de correction dépend de la géométrie de la structure. Dans notre cas ce facteur est exprimé par :

$$f\left(\frac{a}{w}\right) = 1,12 - 0,231 \left(\frac{a}{w}\right) + 10,55 \left(\frac{a}{w}\right)^2 - 21,72 \left(\frac{a}{w}\right)^3 + 30,39 \left(\frac{a}{w}\right)^4$$

A partir des courbes contraintes-déformation obtenus par les essais de traction à différentes vitesses, nous avons déterminé la contrainte d'écoulement pour chaque vitesse de chargement à savoir 31,5MPa, 33 MPa et 35,6 MPa respectivement pour les vitesses 10, 50, et 100mm/min. ces contraintes sont employé pour tracé La variation des FICs, en utilisant la formule (1), en fonction de la longueur de la fissure. La figure (3) regroupe les résultats obtenus.

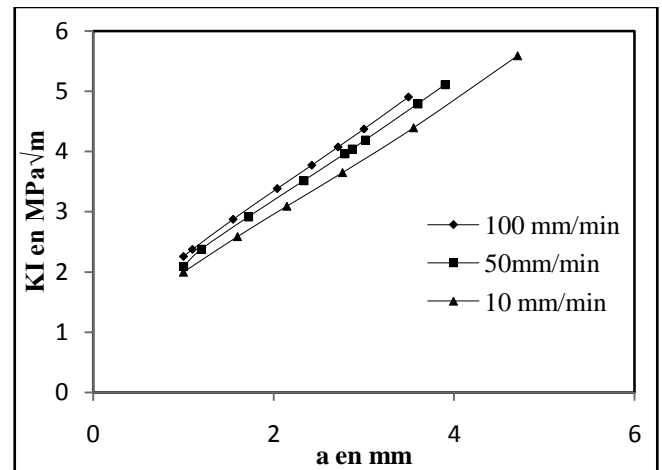


Fig. 3: variation du FICs en fonction de longueur de la fissure

##### c. Vitesse de propagation des fissures

On peut, à partir les enregistrements de la variation de longueur de fissure  $a$  au cours de temps présenté dans la figure (2), de tracer la vitesse de fissuration  $da/dt$  en fonction de FIC. La figure (4) présente la variation de la vitesse de fissuration en fonction de FIC pour les trois vitesses de chargement. On observe, pour les trois courbes, que la vitesse de propagation est diminuée pour des faibles valeurs de FIC correspond à une valeur seuil de FIC, puis elle augmente progressivement où la courbe devient casé-linéaire jusqu'à une valeur critique de FIC à partir de cette valeur l'éprouvette risque une rupture brutale.

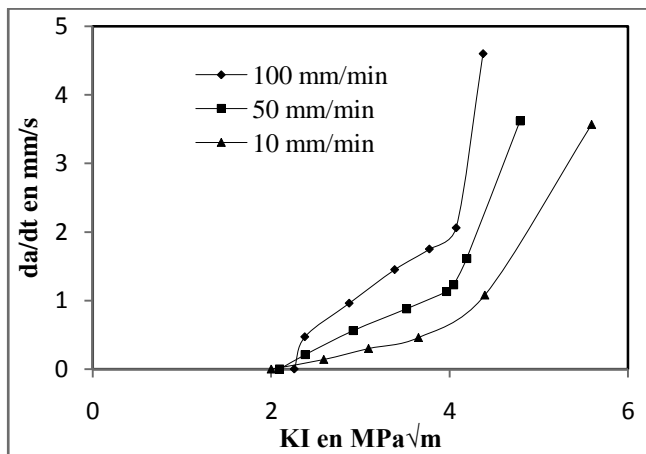


Fig. 4: courbes de vitesses de propagation des fissures en fonction de FICs

Ces résultats montrent que la contrainte d'écoulement au niveau du matériau augmente, la viscoélasticité diminue et le matériau a une tendance à se fragiliser avec l'élévation de la vitesse de chargement [9]. Il est à noter que le facteur d'intensité de contrainte critique  $KI_c$  est le même et vaut  $3,95 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ , ce qui justifie que la vitesse de sollicitation n'a pas d'influence sur la ténacité de l'ABS.

#### 4. Conclusion

La propagation des fissures dans l'ABS dépend fortement de la vitesse de sollicitation. En effet l'élévation de la vitesse de sollicitation augmente la contrainte d'écoulement et elle conduit à une rupture brutale de la structure.

Les résultats de l'évolution de la vitesse de propagation des fissures en fonction de facteur d'intensité de contrainte montre que la ténacité de l'ABS n'est pas influencé par la vitesse de sollicitation.

#### 5. Références

- [1] W. chen, F. Lu, M. Cheng, *Tension and compression tests of two polymers under quasi-static and dynamic loading*, Polymer Testing, volume 21 (2002), 113-121.
- [2] A.I. Slutsker, V.L Gilyarov, Y.I Polikarpov, *Effect of mechanical loading on the kinetics of electrical breakdown in polymers*, Technical Physics, volume 53 (2008) 1447-1450.
- [3] G. Rambert, J.-C. Grandidier, *An approach to the coupled behaviour of polymers subjected to a thermo-mechanical loading in a gaseous environment*, European J. of Mechanics– A/Solids, volume 24 (2006) 151-168.
- [4] V. Krevelen, K. Nijenhuis, *Properties of Polymers*, fourth ed., Elsevier Amsterdam, The Netherlands, 2009.

- [5] F. Rietsch, B. Bouette. *The compression yield behaviour of polycarbonate over a wide range of strain rates and temperatures*. European Polymer Journal, volume 26 (1990) 1071-1075.
- [6] J. Richeton, and al. , *A formulation of the cooperative model for the yield stress of amorphous polymers for a wide range of strain rates and temperatures*. Polymer, volume 46 (2005) 6035-6043.
- [7] R. Rhanim, H. Rhanim, A. Nassim, *Study of the Stress Intensity Factor in Artificially Damaged Structures*, International Journal of Mechanics and Applications, volume 6 (2016) 63-70.
- [8] R. Rhanim, *Etude du comportement mécanique des structures endommagées en polymères. Dialogue calcul numérique /essais. Application à la photoélasticimétrie*, Thèse, université chouaib doukkali 2016.
- [9] Owolabi and al. *dynamic response of acrylonitrille butadiene styrene under impact loading*, International Journal of Mechanical and Materials Engineering, volume 11(3) (2016) 1-8.