

Etude comparative du dommage et fiabilité statique entre deux modes de défauts sur éprouvettes de tubes en CPVC.

Mohamed SAFE¹, Jilali NATTAJ², Zineb AZIF¹, Mohamed ELGHORBA¹

- laboratoire de contrôle et de caractérisation mécanique des matériaux et des structures, ENSEM Casablanca mohamed.safe@cegelec.com
- Faculté des sciences et technique Mohammedia Jilali.nattaj@gmail.com

Résumé

Le but de cet article est la comparaison de l'évolution du dommage et fiabilité statique entre deux modes de défauts sur un tube en CPVC DN 50 PN 25.

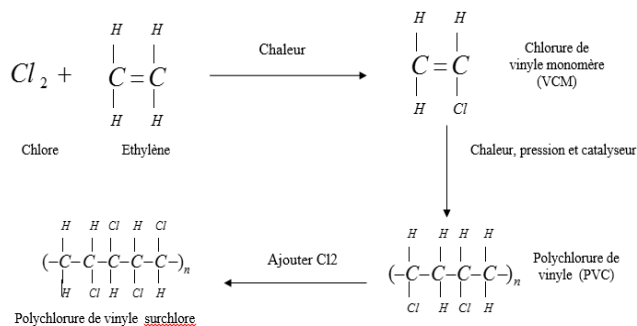
Le premier défaut est dans le sens longitudinal parallèle à l'axe du tube sous forme d'une rainure et le deuxième dans le sens circonférentiel perpendiculaire à l'axe du tube sous forme d'une gorge.

Nous avons constaté suite aux courbes tracées suivant les résultats des essais d'éclatement à différentes profondeurs des entailles qu'un défaut dans le sens longitudinal du tube est plus nocif que celui dans le sens circonférentiel.

Mots clés : Dommage statique, Fiabilité, Tubes CPVC, Essais d'éclatement.

1. Introduction

Le polychlorure de vinyle sur chloré (CPVC) est un dérivé de polychlorure de vinyle, on l'obtient par procédé : $PVC + [Cl]$ selon la réaction chimique suivante :



Pour comprendre et contrôler le dommage où la dégradation des canalisations et des tubes en CPVC sous pression, nous nous intéresserons dans cet article à l'analyse de l'évolution du dommage des éprouvettes entaillées sous forme de rainure longitudinale et gorge

circonférentielle en étudiant le dommage statique et sa relation avec la fiabilité des défauts gorge et rainure présents dans les éprouvettes d'essai avec la comparaison entre les deux.

2. Dommage statique des tubes en CPVC

Le dommage statique permet de décrire l'état du matériau avec l'augmentation de la pression causé essentiellement par l'endommagement. Le dommage statique s'écrit comme suivant :

$$D_s = \frac{1 - \frac{P_{ur}}{P_u}}{1 - \frac{P_a}{P_u}}$$

Avec P_u : Pression d'éclatement ultime en bar, P_{ur} est pression d'éclatement ultime résiduelle et P_a est pression à la rupture.

En générale la fiabilité varie en sens inverse du dommage. La somme de ces deux variables est toujours égale à 1 :

$$R(\beta) + D(\beta) = 1$$

2.1 Mode I : Défauts sous forme de rainure longitudinale

2.1.1 Résultat des essais d'éclatement sur banc d'essai avec défauts contrôlés :

Eprouvette	profondeur de la rainure (Δg en mm)	Epaisseur effectif (e_g en mm)	Pression d'éclatement (P_g en bar)	Variation de Pression	Fraction de vie $\Delta g/e$
Vierge	0	5.6	156	14.2	0
1	1	4.6	141.8	24.4	0.18
2	2	3.6	117.4	38.7	0.36
3	3	2.6	78.7	44.3	0.54
4	4	1.6	34.4	16.2	0.71
5	5	0.6	18.2	9.72	0.89

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats des essais d'éclatement des éprouvettes entaillées avec défaut rainure longitudinale

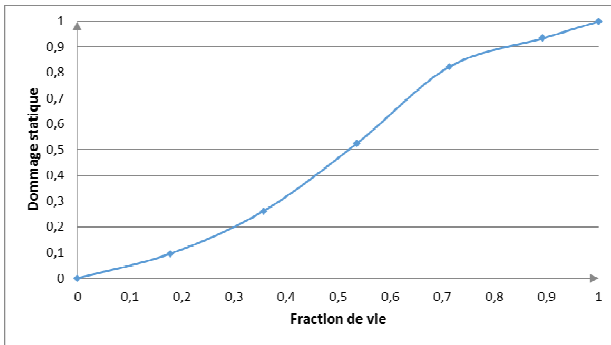


Figure 1: Evolution de dommage statique des éprouvettes entaillées rainure longitudinale en fonction de fraction de vie (β)

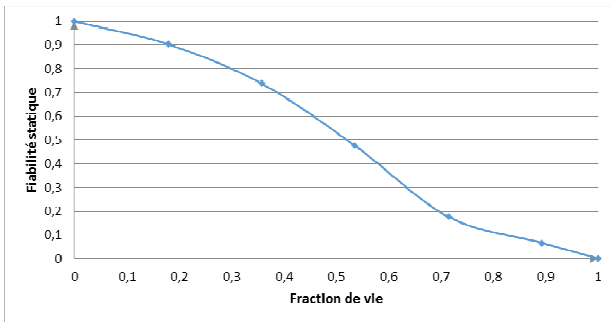


Figure 2: Evolution de fiabilité statique des éprouvettes entaillées rainure longitudinale en fonction de fraction de vie (β)

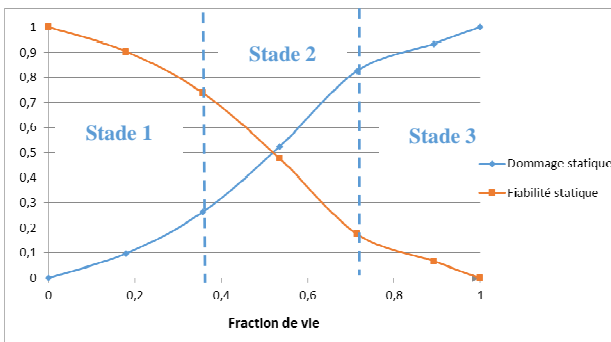


Figure 3: Dommage statique-Fiabilité statique des éprouvettes entaillées rainure longitudinale en fonction de fraction de vie (β)

L'accroissement du dommage de la figure 1 signifie l'augmentation de la perte en résistance du matériau pendant l'essai d'éclatement des éprouvettes entaillées (rainure). Cette perte évolue rapidement lorsque l'allongement prends une valeur au voisinage de $\beta_C=0,54$ (critique) jusqu'au taux de réduction de $\beta=1$ quand le matériau devient complètement endommagé.

La figure 2 représente l'évolution de fiabilité en sens inverse du dommage, elle baisse jusqu'à $\beta_C= 0.54$ où commence de tomber rapidement.

D'après la courbe de la figure 3, nous pourrions distinguer les trois stades de dommage : Stade I $\beta= [0, 0,36]$ -[0 36%] est le stade le plus stable qui correspond à l'initiation d'un dommage réversible. Stade II se situe dans l'intervalle de $\beta= [0,36 0,71]$ -[36% 71%] ou le dommage croit progressivement mais il reste contrôlable jusqu'à la valeur critique de fraction de vie $\beta_C=0,54$ qui est la plus dangereux (épaisseur critique). Le stade III correspond l'accélération du dommage et la rupture peut se produire brutalement.

2.2 Mode II : Défauts sous forme de gorge :

2.2.1 Résultat des essais d'éclatement sur banc d'essai avec défauts contrôlés :

Eprouvette	profondeur de la gorge (Δg en mm)	Epaisseur effectif (e_g en mm)	Pression d'éclatement (P_g en bar)	Variation de pression	Fraction de vie $\Delta g/e$
Vierge	0	5.6	156	0.1	0
1	0.75	4.3500	155.9	2.3	0.13
2	1	4.85	153.60	0.6	0.18
3	1.25	4.60	153	1.3	0.22
4	1.50	4.10	151.70	0.7	0.27
5	1.75	3.85	151	0.9	0.31
6	2	3.60	150.10	0.1	0.52
7	2.25	3.35	150	8	0.40
8	2.50	3.10	142	0	0.45
9	2.75	2.85	142	1	0.49
10	3	2.60	141	5.2	0.54
11	3.25	2.35	135.80	1.9	0.58
12	3.5	2.10	133.90	33.4	0.63
13	4	1.60	100.50	14.3	0.71
14	4.5	1.10	86.20	4.1	0.80
15	5	0.60	82.10	4.92	0.89

Tableau 2: Récapitulatif des résultats des essais d'éclatement des éprouvettes entaillées avec un défaut gorge circconférentielle

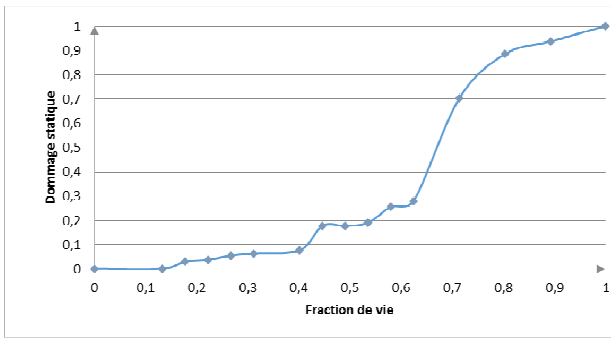


Figure 4 : Evolution de dommage statique des éprouvettes entaillées gorge en fonction de fraction de vie (β)

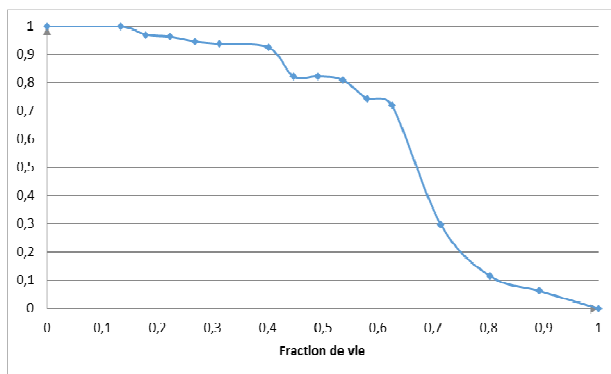


Figure 5 : Evolution de la fiabilité statique des éprouvettes entaillées gorge en fonction de fraction de vie (β)

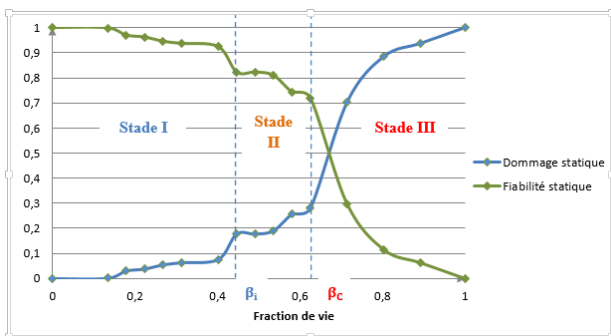


Figure 6 : Dommage statique-Fiabilité statique des éprouvettes entaillées gorge circonférentielle en fonction de la fraction de vie

Sur la figure 4 nous pouvons voir clairement que le dommage croît en fonction du taux de réduction d'épaisseur de manière assez lente jusqu'à un seuil 0.63 où il augmente brutalement. Dans le sens inverse, la fiabilité a diminué avec les mêmes tendances à la chute à partir d'un taux de réduction de 0,63.

Sur la figure 6 on peut distinguer les trois stades de l'évolution du dommage, le premier stade se situe dans l'intervalle de $\beta = [0, 0,49]$ équivalent à $[0, 49\%]$ et coïncide à l'initiation de dommage qui augmente lentement (dommage réversible), puis le stade II où le dommage est contrôlable, ce stade est entre $\beta = 0,49$ et $0,71$ (la valeur critique) qui fait le pont entre le stade II et le stade III où le dommage s'accélère rapidement jusqu'à la rupture brutale pour laquelle le tube en CPVC sera endommagé complètement.

2.3 Comparaison du dommage statique – fiabilité statique entre les deux modes de fissures :

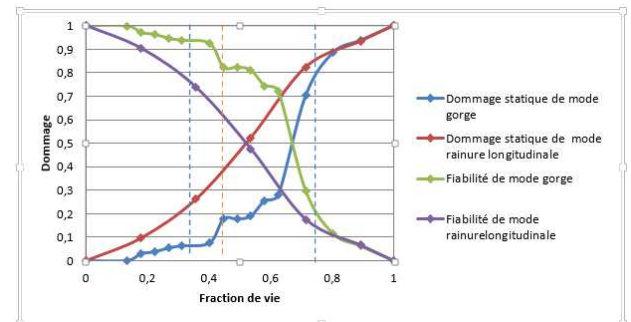


Figure 7 : Comparaison dommage statique – Fiabilité statique des tubes de CPVC entaillés sous forme (rainure et gorge).

On note clairement dans cette figure 7 que l'intervalle du stade I d'éprouvettes entaillées sous forme rainure est plus restreint que celle sous forme gorge, par contre l'intervalle de stade II est plus large dans le cas de défaut rainure, sachant que la valeur limitée de cet intervalle de fraction de vie est la même pour les deux types d'endommagement artificielle. Ceci confirme que l'entaille rainure longitudinale représente le défaut le plus critique qui réduit la durée de vie de ce matériau .

3. Conclusion

Suivant les résultats des essais d'éclatement à différentes profondeurs des entailles qu'un défaut dans le sens longitudinal d'un tube en CPVC est plus nocif que celui dans le sens circonférentiel.

Ceci s'explique par la contrainte appliquée sur la paroi extérieure du tube en agissant en mode I de propagation de fissure est deux fois plus importante en radial qu'en longitudinal.

Références

- [1] El Ghorba Mohamed, phd “Etude de caractérisation des mécanismes d’endommagement en mode II dans un matériau composite fibre de verre époxyde par suivi d’émission acoustique ». Université de Sherbrooke, Canada (1990).
- [2] P.CHAPOUILLE et R.de PAZZIS Fiabilité des systèmes.
- [3] *Mouhib.N.,Ouaomar.H.,Lahlou. M.,El Ghorba. M. “Characterization of residual energy loss and Damage Prediction of 7-wire stand extracted from a steel wire rope and subjected to a static test “International Journal of Research (IJR) e-ISSN: 2348-6848, p-ISSN:2348-795X.2015*