

Procédure pour déterminer la LTTR pour les spécimens minces d'isolation thermique en plastique alvéolaire

Introduction

Cette procédure est prévue pour les isolants en plastique alvéolaire qui sont trop minces pour être tranchés et pesés dans le cadre d'une évaluation de la RTLT. L'épaisseur en question est de 15 mm. La procédure exige des mesures thermiques de spécimens entiers au fil du temps (t). Une séquence de mesures fournit la résistance thermique, R, à mesure que le spécimen vieillit. La mesure des valeurs R est utilisée pour calculer le ratio R/R₀ où R₀ est la résistance thermique initiale du spécimen (à t = 0).

L'ensemble des données d'essai {t, R/R₀} peut être décrit à l'aide de l'équation (1) avec les paramètres A et B déterminés conformément à la méthode des moindres carrés. Le temps, t, est saisi en jours.

$$\frac{R}{R_0} = 1 - A \cdot (1 - e^{-B \cdot t}) \quad (1)$$

L'équation (1) se rapproche de la valeur constante à mesure que t augmente et atteint la valeur correcte à t = 0.

$$\frac{R}{R_0} = 1 \text{ quand } t = 0 \text{ et } \lim_{t \rightarrow \infty} R/R_0 = 1 - A \quad (2)$$

La détermination de A et B comprend les définitions suivantes.

$$Y = 1 - \frac{R}{R_0} \quad (3)$$

$$X = (1 - e^{-B \cdot t}) \quad (4)$$

$$Y = A \cdot X \quad (5)$$

La détermination des paramètres A et B est un processus en deux étapes : (1) choisir la valeur B et calculer un X pour chaque t. Déterminer la valeur du moindre carré pour A. Il y a une valeur A pour chaque valeur B sélectionnée. (2) Déterminer la valeur B qui minimise la somme :

$$W = \sum_{i=1}^5 (Y_i - A \cdot X_i)^2 \quad (6)$$

Une valeur pour la somme en (6) peut être calculée pour chaque valeur B et la valeur A correspondante. Les valeurs pour W peuvent être décrites par un quadratique en B avec le minimum déterminé à partir de B ce qui donne dW/dB = 0. Ce procédé fournit les paramètres A et B. Le calcul de A et B à partir de l'ensemble de données en cinq points (plus une valeur au temps 0) peut être effectué à l'aide du programme EXCEL qui est fourni avec la présente procédure. Une équation (1) avec des valeurs spécifiques pour A et B est utilisée pour le calcul de R/R₀ au temps t = 5 ans.

Résumé de la procédure d'essai

Premièrement, la résistance thermique de l'épaisseur totale du produit avec revêtement intact doit être mesurée régulièrement sur une période allant jusqu'à 700 jours (env. 2 ans). Les mesures doivent être prises entre 10 à 14 jours après la fabrication et ensuite à 100, 250, 400, 550 et 700 jours (+5 jours dans chaque cas). Pour un produit d'une épaisseur inférieure à 12 mm, empiler 2 spécimens pour toutes les mesures de résistance thermique. Déterminer la résistance thermique pour quatre spécimens conformément à la norme ASTM C518, « Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus », ou à la norme ASTM C177, « Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus », en utilisant une température moyenne de 24 ± 2 °C et une différence de température de 22 ± 2 °C. Deuxièmement, les données sont entrées dans une feuille de calculs EXCEL afin de calculer les valeurs de résistance thermique sur une période de 5 ans comme valeurs de RTLTL.

Comment utiliser la feuille de calcul EXCEL

Il y a deux onglets. L'onglet « Entrée et sortie » comprend les données qui doivent être entrées. La procédure pour la saisie de données (dans les cellules en rouge) pour le programme Excel s'effectue comme suit :

- 1) Pour toute mesure t (en jours), diviser la valeur mesurée R (R) par la valeur R aux jours 10 - 14 (R_0) afin de calculer le ratio R/R_0 .
- 2) Entrer les données pour t (le temps en jours) dans les cellules B6 à B10 et R/R_0 dans les cellules C6 à C10.
- 3) Entrer R_0 dans la cellule C3.
- 4) La figure située aux lignes 6 à 19 est importante. C'est la partie du programme où le paramètre B est déterminé. Si la valeur minimale de la courbe n'apparaît pas sur la figure, la série de valeurs B peut s'en trouver décalée. La valeur B la plus petite peut être entrée dans la cellule F3 (Min B) et le delta B dans la cellule H3 (Del B). Le programme réattribuera les valeurs B et répétera le calcul.
- 5) À une certaine étape, on doit transférer des nombres à partir d'une figure vers des cellules spécifiques. La figure des lignes 6 à 19 contient une équation qui concerne une « qualité d'ajustement » au paramètre B . Le programme sélectionnera la valeur minimale de la courbe B .
cellule D21 : transférer le coefficient de x^0 (le terme constant) à partir de l'équation contenue dans la figure
cellule D22 : transférer le coefficient de x^1 à partir de l'équation contenue dans la figure
cellule D23 : transférer le coefficient de x^2 à partir de l'équation contenue dans la figure
Les valeurs finales pour A et B qui permettent de calculer les résultats de RTLTL n'apparaissent dans les cellules H21 et H22 que lorsque la cinquième étape est achevée.

- 6) Les valeurs calculées pour R/R_0 comparées aux valeurs expérimentales apparaissent aux lignes 26 à 32.
- 7) Le résultat de RTLTL apparaît dans la cellule E37.
- 8) Un paramètre de « qualité d'ajustement » R^2 apparaît dans la cellule M26. Une valeur R^2 près de 1,000 est un résultat souhaitable. Dans la plupart des cas, le R^2 peut être amélioré en réduisant le del B dans la cellule H3. Cela pourrait nécessiter un décalage en B afin de garder la valeur minimale dans la courbe de la figure.

Le résultat de l'analyse apparaît à la cellule E37 comme valeur de RTLTL. Deux figures illustrent les données expérimentales comparées à l'ajustement de la courbe. Tout d'abord, les lignes 29 à 42 illustrent la comparaison entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées pour R/R_0 et ensuite, les lignes 44 à 57 illustrent la différence entre les valeurs expérimentales et calculées comme % de la valeur expérimentale.

Exemple

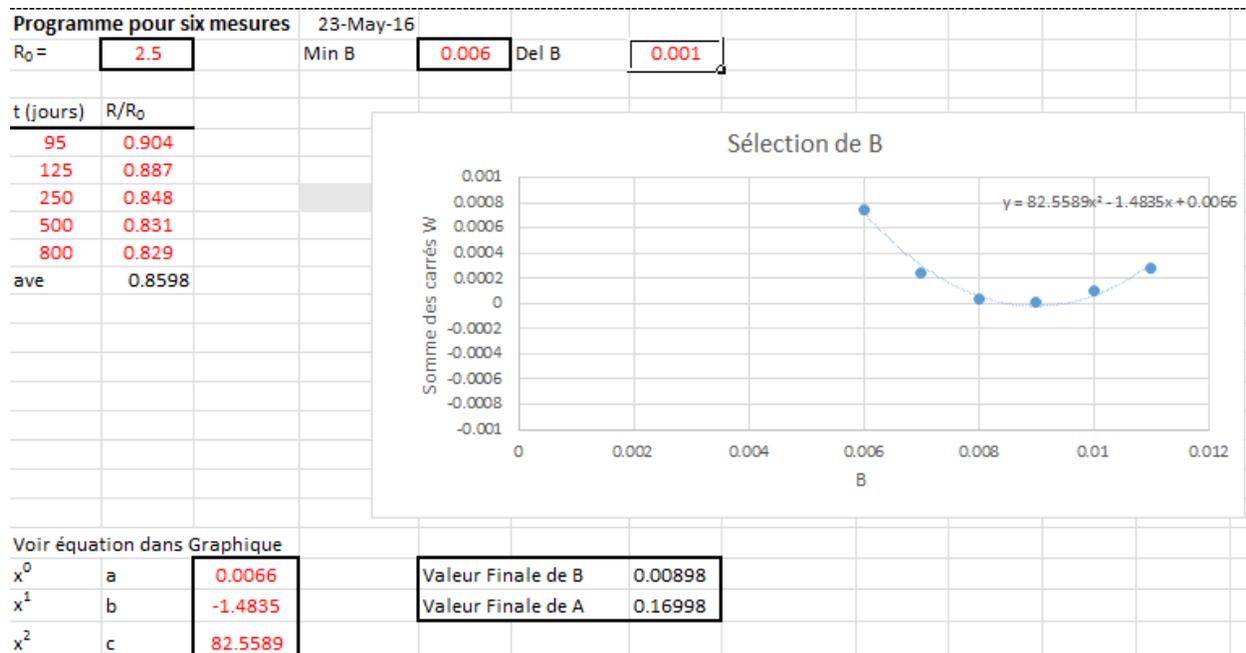
Ce qui suit est fourni à titre d'exemple. Les données ne sont en lien avec aucun ensemble particulier de mesures. La saisie de valeurs mesurées pour R/R_0 dans les cellules B6 à C10 apparaît à la figure 1. R_0 est fixé à 2,5.

Figure 1. Partie du programme montrant la saisie de données

t (jours)	R/R_0
95	0.904
125	0.887
250	0.848
500	0.831
800	0.829
ave	0.8598

Le programme est fixé pour la sélection B de 0,006 à 0,011. Cela peut être modifié en augmentant ou en diminuant le nombre dans les cellules F3 (Min B) ou H3 (Del B). La figure aux lignes 6 à 19 (sélection de B) illustre comment W (la somme des écarts mis au carré) varie à mesure que B augmente. Les coefficients de l'équation de la figure sont transférés manuellement vers les cellules D21 (x^0), D22 (x^1) et D23 (x^2). Les valeurs optimales pour A et B sont identifiées comme étant des valeurs finales.

Figure 2. Partie du programme montrant la sélection de paramètre B



La valeur de RTLTL est indiquée dans la cellule E37.

Figure 3. Résultats calculés pour R/R₀

Années (t)	Jours	Résultat	
5	1826.25	0.830	R*or R/R ₀
		2.075	LTR

L'accord entre les valeurs expérimentales R/R₀ et les valeurs calculées par l'équation (1) des valeurs finales pour A et B est illustré à la figure 4. La différence en pourcentage entre les valeurs calculées et les valeurs expérimentales est affichée sur la figure 5.

Figure 4. Comparaison des valeurs expérimentales et des valeurs calculées pour R/R₀

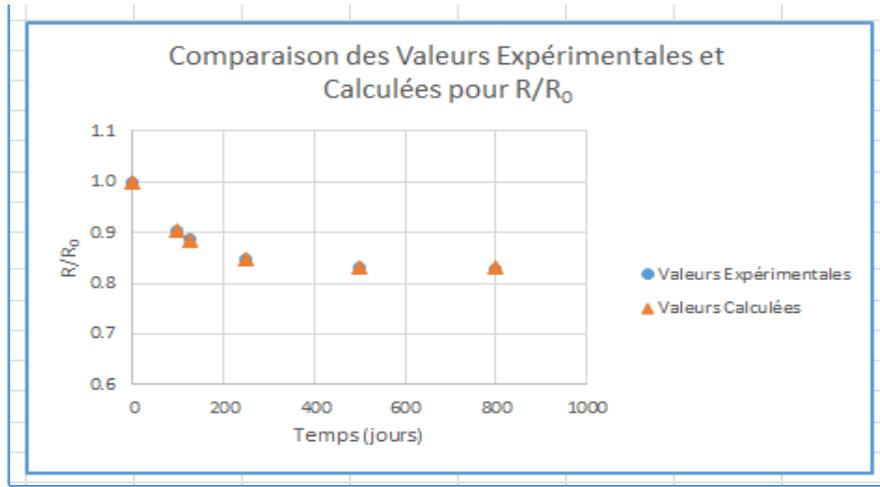
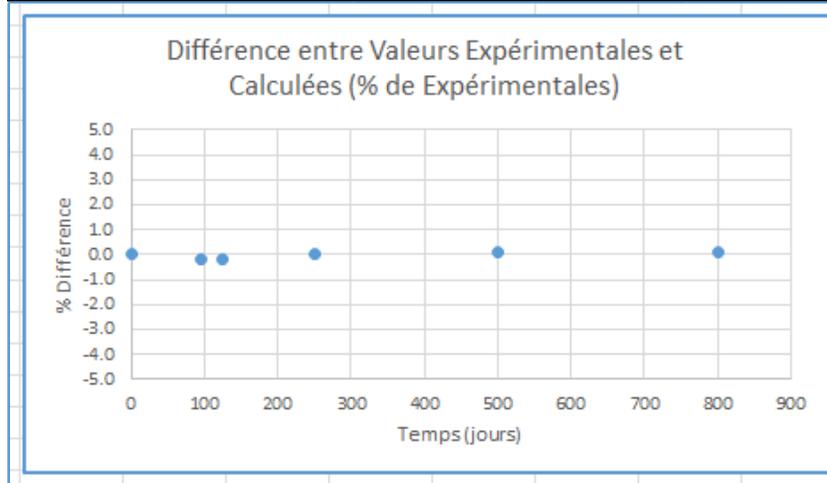


Figure 5. Différences entre valeurs expérimentales et calculées (% de expérimentales)



Un paramètre de « qualité d'ajustement » R² apparaît dans la cellule M26 (voir figure 6).

Figure 6. Partie du programme illustrant R²

t	R/R ₀ exp	R/R ₀ calc	diff	%diff	S(y _i -y _{calc}) ²	S(y _i -y _{ave}) ²	R ²	0.99969
95	0.904	0.90241	-0.002	-0.17549	2.51689E-06	0.001816	Comp	1.1
125	0.887	0.88531	-0.002	-0.19072	2.86168E-06	0.000651		
250	0.848	0.84800	0.000	0.00014	1.40485E-12	0.000139		
500	0.831	0.83192	0.001	0.11052	8.43471E-07	0.000777		
800	0.829	0.83014	0.001	0.13798	1.30838E-06	0.000879		
Ajouté	0	1	1.000	0.000	0	0.019656		

Un « véritable » ensemble de mesures présentera sans doute de plus grands écarts par rapport à l'exemple précédent étant donné que la dispersion expérimentale sera incluse dans les résultats.

Une copie du programme EXCEL est un document qui accompagne cette discussion.

Préparé par :
David W. Yarbrough (R&D Services, Inc., (931) 526-3348), dave@rdservices.com et
Michel Drouin, Consultant, drouinm@videotron.ca

2 juin 2016

© 2017. Normes ULC. Tous droits réservés.