

## ESSAIS DCB ET TDCB – EFFET DE LA VISCOSITE DE L'ADHESIF

**A. Nicolas, J. Jumel**, *Laboratoire I2M, UMR CNRS 5295, 351 Cours de la Libération, 33400 Talence. Téléphone : 05 40 00 22 73, Adresse(s) électronique(s) : aurore.nicolas@u-bordeaux.fr, julien.jumel@u-bordeaux.fr*

**Mots clés :** adhésif viscoélastique, DCB, TDCB

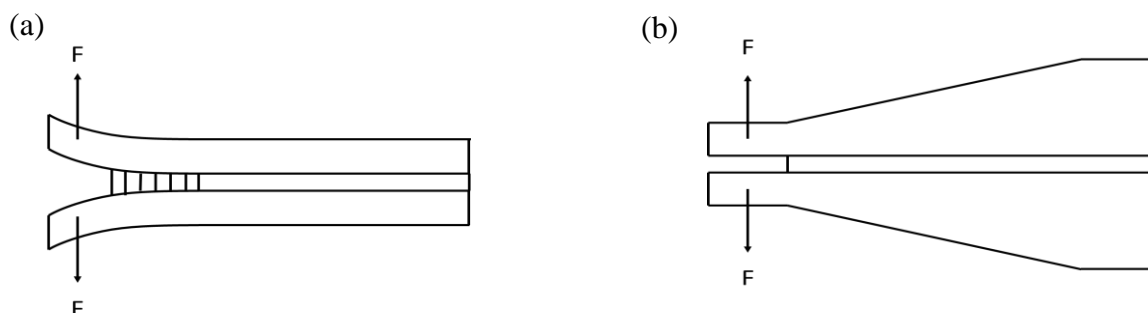
### 1. INTRODUCTION

Le collage est devenu une technique très populaire utilisée dans les assemblages structuraux pour des applications allant de la médecine (prothèse dentaire) au génie civil (industrie automobile et aéronautique). Cette technique présente de nombreux avantages, comme la possibilité d'assembler facilement des matériaux de natures différentes sans perçage ou usinage des pièces, permettant ainsi d'obtenir des structures à la fois plus légères et plus résistantes.

Cependant les techniques d'assemblages comme le boulonnage ou le rivetage sont toujours préférées sur des assemblages structuraux pour lesquels une grande fiabilité est requise. En effet les méthodes permettant de dimensionner les joints collés sont encore aujourd'hui peu développées.

La sollicitation en mode I, qui correspond à un déplacement opposé des substrats dans la direction normale au plan collé, est la plus pénalisante car c'est la configuration qui nécessite le moins d'énergie en vu du déclenchement de la rupture du joint.

Les deux essais les plus utilisés pour solliciter ce mode de rupture sont les essais DCB (Double Cantilever Beam) et le TDCB (Tapered Double Cantilever Beam). L'essai TDCB est une variante de l'essai DCB qui a été développé pour assurer une variation constante de la complaisance de l'éprouvette en fonction de la longueur de fissuration. Les dimensions des substrats présentés sont choisies conformément aux normes en vigueur. [1,2]



*Figures 1 et 2 : Schématisation des essais DCB (a) et TDCB (b)*

Ces tests sont utilisés pour déterminer la résistance d'assemblages composés de substrats peu flexibles. On colle deux substrats de dimensions identiques et on pré-fissure l'assemblage obtenu avant d'appliquer un chargement en mode I sur les substrats. Le test permet de caractériser la résistance de la structure par rapport à la propagation de la fissure via la mesure de la valeur critique du taux de restitution d'énergie.

### 2. ESSAIS

#### 2.1 Matériaux utilisés

Le système support de notre étude est un assemblage composé de deux substrats d'un alliage aluminium-Zinc nuance 7075-T6 lié au moyen d'un adhésif structural à base époxy (Hysol Scotch

Weld SW2216 ) présentant une température de transition vitreuse proche de 28°C et donc sujet à des phénomènes de fluage et de relaxation structurale aux températures usuelles de fonctionnement. Cet adhésif possède des caractéristiques visqueuses importantes. En exploitation sur des périodes longues, il est sujet à des fluctuations de température et d'hygrométrie couplées à des chargements mécaniques.

## 2.2 Procédé expérimental

Les essais DCB et TDCB sont réalisés à température ambiante et à vitesse imposée (0.5 mm/min) grâce à une machine de traction électromécanique universelle 5 essais ont été réalisés sur chaque type d'éprouvette.

Un capteur LVDT (Linear Variable Differential Transformer) mesure l'ouverture de l'éprouvette au point d'application de la force. Les données enregistrées par ces capteurs permettent d'obtenir la courbe effort-déplacement représentant le comportement global de l'assemblage et des courbes de déformations du joint à différents points.

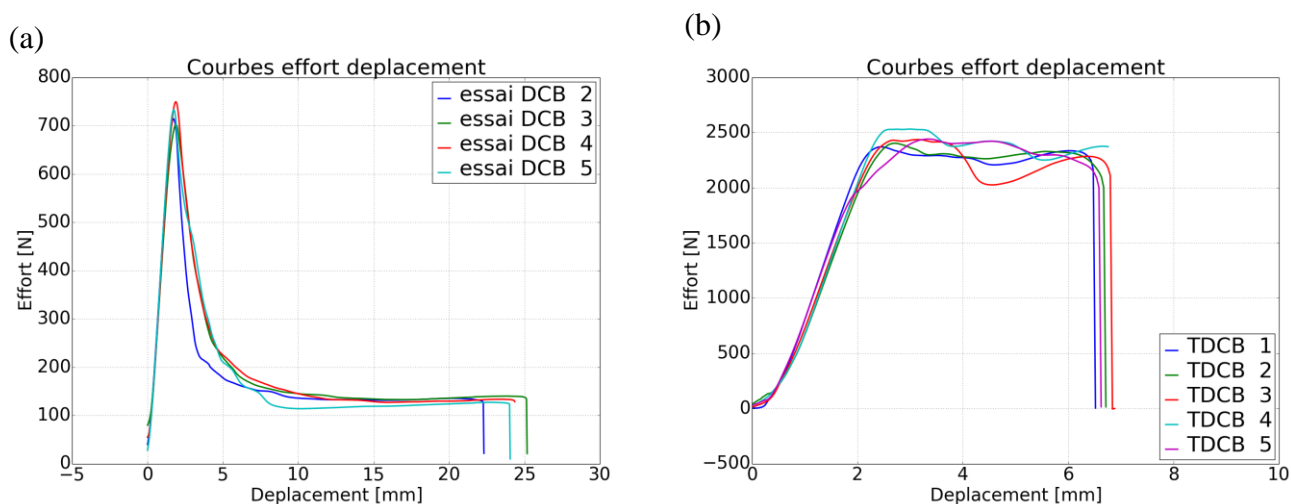
Le taux de restitution d'énergie  $G$  est ensuite relié à la complaisance de la structure  $C$  via la relation d'Irwin et Kies [3] :

$$G = \frac{F^2}{2 * b} * \frac{\partial C}{\partial a} \quad (1)$$

Où  $b$  est la largeur de l'éprouvette,  $a$  la longueur de la fissure et  $F$  l'effort appliqué.

## 3. RESULTATS ET PERSPECTIVES

Les courbes efforts-déplacements obtenues sont présentées sur les figures ci-dessous. Le déplacement pris en compte correspond à la mesure du capteur LVDT et représente l'évolution de l'ouverture des substrats au point de chargement.



Figures 3 et 4 : Courbes efforts-déplacement obtenues pour les essais DCB (a) et TDCB (b)

En s'intéressant aux courbes effort-déplacement de la figure 1 on remarque que la forme des courbes pendant la phase de propagation ne correspond pas à la forme attendue en cas de rupture d'un joint de colle élastique. En effet la théorie SBT (Simple Beam Theory) suppose une valeur de  $G$  constante durant la phase de propagation ce qui entraîne un effort proportionnel à  $\Delta^{-1/2}$  pendant cette période d'après les formules suivantes [formules (2), (3) et (4)] :

$$a_{eff} = \left( \frac{3EI\Delta}{2F} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

où  $a_{eff}$  est la longueur de fissuration effective,  $E$  le module d'Young des substrats,  $\Delta$  l'ouverture de l'éprouvette,  $F$  l'effort appliqué et  $I=bt^3/12$  le moment quadratique,  $t$  étant l'épaisseur de l'éprouvette.

La longueur de fissure est dite effective car c'est une grandeur apparente qui ne prend pas en compte la complaisance de l'interface et donc surestime légèrement la taille de la fissure durant l'expérience. Les résultats obtenus sont présentés figure 6.

$$G = \frac{12F^2 a_{eff}^2}{Eb^2 h^3} \quad (3)$$

$$F = \left( \frac{4Eib^3}{9} \right)^{\frac{1}{4}} * G^{3/4} * \Delta^{-1/2} = K * \Delta^{-1/2} \quad (4)$$

La figure 5 montre la différence entre les points obtenus et les courbes obtenues par la théorie SBT (Simple Beam Theory) pour chacun des essais (en pointillés). L'allure de la courbe obtenue en phase de propagation pourrait être causée par la viscosité de l'interface qui n'est pas prise en compte par le modèle SBT mais influe sur les grandeurs mesurées puisque la propagation de la fissure peut être qualifiée de lente au vu de la vitesse de chargement.

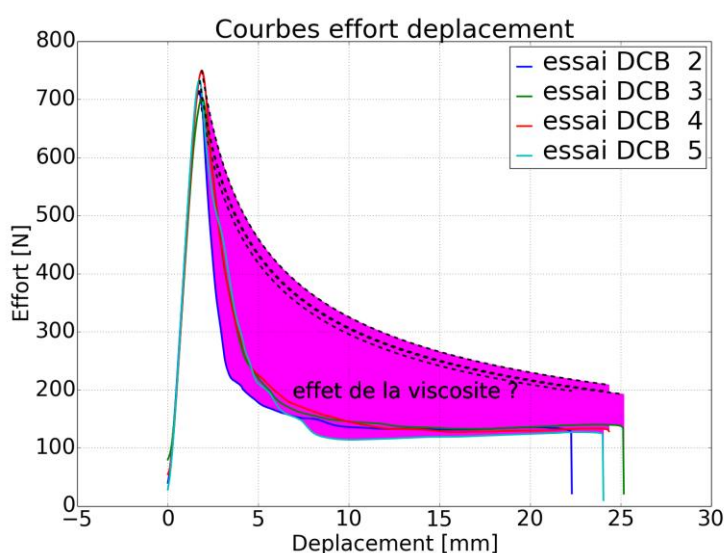
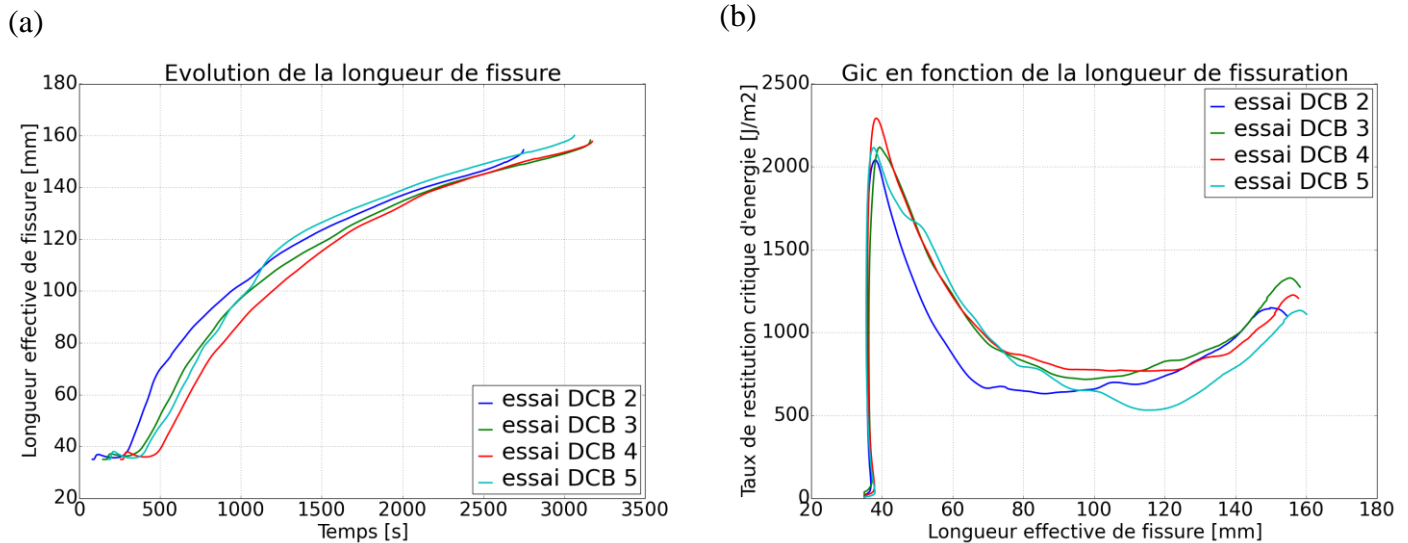


Figure 5 : Différence entre courbes expérimentales et théoriques pendant la phase de propagation



Figures 6 et 7: Evolution de la longueur de fissuration effective (a) et du taux de restitution d'énergie (b) au cours des essais DCB

Le taux de restitution d'énergie critique  $G$  peut alors être calculé. La valeur maximale atteinte correspond aux valeurs déterminées pour les essais TDCB, proche de 2300 J/m.

L'effort appliqué n'étant pas proportionnel à  $A^{-1/2}$  pendant la phase de propagation, il est logique de ne pas obtenir une valeur constante de  $G$ . Sous réserve que le comportement du joint s'explique par le caractère visqueux de l'adhésif, il faudrait trouver une autre grandeur énergétique permettant de caractériser les essais réalisés.

Des tests DCB et TDCB seront réalisés sous des vitesses de chargement différentes afin de déterminer si le caractère visqueux de l'adhésif est bien responsable de la différence observée entre les résultats obtenus et la théorie SBT.

## REFERENCES

1. ASTM D 3433. Fracture strength in cleavage of adhesives in bonded joints. *American Society for Testing and Materials*, (1999).
2. BS7991. Determination of the mode I adhesive fracture energy  $G_{Ic}$  of structure adhesives using the double cantilever beam (DCB) and tapered double cantilever beam (TDCB) specimens. *British Standard Institution*, (2001).
3. Irwin GR et Kies JA. Critical energy rate analysis of fracture strength of large welded structures. *Welding Journal*, **33** (1952), pp. 193-198.