

Micromécanique de la pégosité (Tack)

Hamed Lakrout et Costantino Creton

Laboratoire de Physico-Chimie Structurale et Macromoléculaire

URA 278 du C.N.R.S

10, Rue Vauquelin, 75231 Paris Cédex 05

<http://www.espci.fr/PCSM/Creton/Creton.htm>

Bien que les adhésifs sensibles à la pression (Pressure-sensitive-adhesives) soient omniprésents dans la vie courante, les mécanismes microscopiques qui permettent leur adhésion sur presque n'importe quel substrat restent peu connus dans leurs détails.

Nous avons développé au laboratoire un montage de probe tack décrit sur la figure 1, qui permet l'observation des mécanismes de déformation du film d'adhésif en temps réel pendant l'acquisition de la courbe force-déformation.

Dans cette géométrie expérimentale, un poinçon à face plane d'un centimètre de diamètre est amené en contact avec un film d'adhésif d'une centaine de microns d'épaisseur déposé sur un substrat. Le temps et la pression moyenne de contact sont contrôlés et le poinçon est ensuite décollé du substrat à vitesse constante. La force exercée sur le poinçon et son déplacement sont enregistrés pendant toute la durée de l'essai.

L'utilisation d'un substrat en verre permet d'observer les mécanismes de déformation de l'adhésif et en particulier la formation et la croissance de cavités pendant la phase de décollement ainsi que d'identifier à quel moment ces différents mécanismes interviennent dans la courbe force-déplacement.

La grande rigidité mécanique de l'appareil permet d'une part de s'affranchir de la compliance de l'appareil de mesure (qui peut être mesurée précisément) et d'autre part d'obtenir une très bonne reproductibilité de la courbe force-déformation par rapport aux appareils existant dans le commerce.

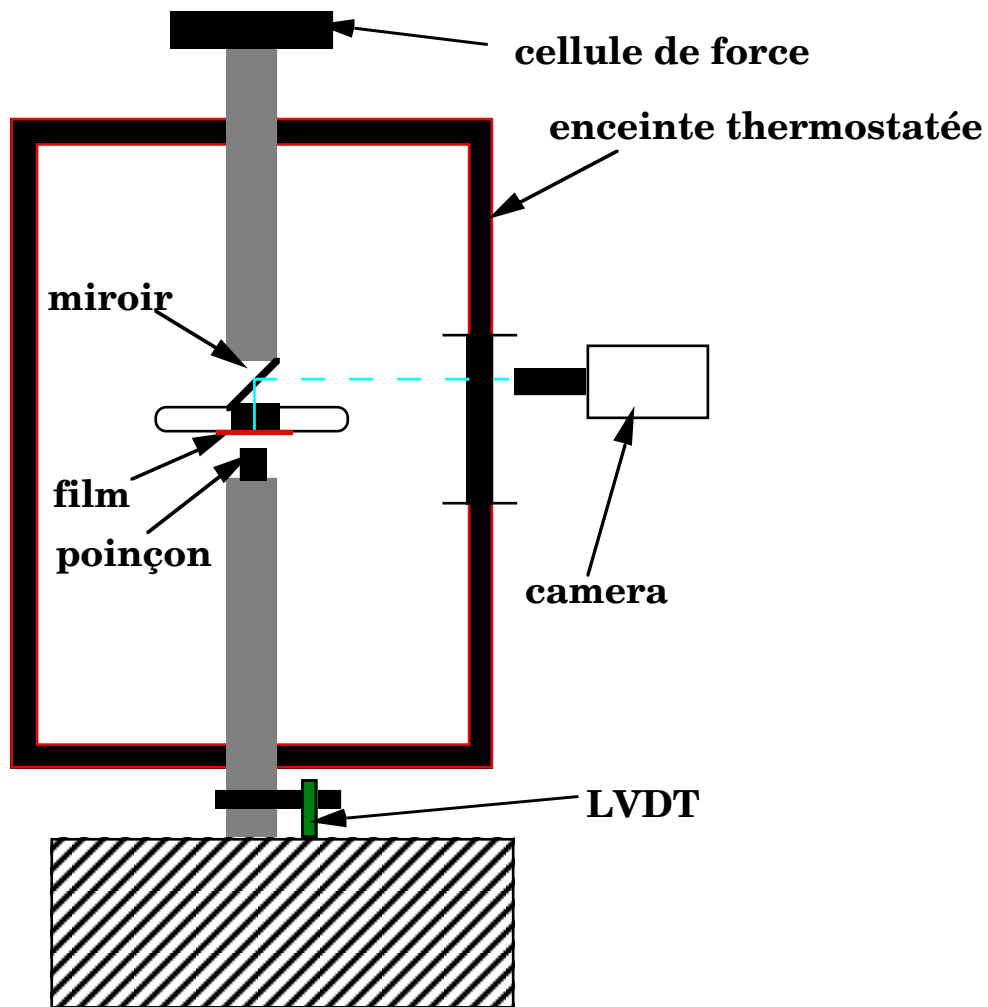


Figure 1: Schéma du montage de probe tack

Nous utilisons comme adhésif modèle deux latex de poly(ethyl-hexyl acrylate) contenant respectivement 0 et 2% de comonomère acrylique fournis par la société Elf-Atochem.

La température (-20°C - 50°C), la vitesse de décollement ($1\ \mu\text{m/s}$ - $1\ \text{cm/s}$), le temps de contact et la pression de contact sont les variables utilisées lors des essais.

Les résultats sont présentés sous la forme d'une courbe contrainte-déformation où la contrainte représente la force sur l'aire de contact réelle lors de la phase en compression, et la déformation représente le déplacement du poinçon normalisée par l'épaisseur initiale du film.

Une courbe typique est montrée sur la figure 2; on peut distinguer trois zones principales: Une zone d'augmentation linéaire de la force avec un maximum de force clair, un plateau de force, et finalement une chute progressive de la force à zero.

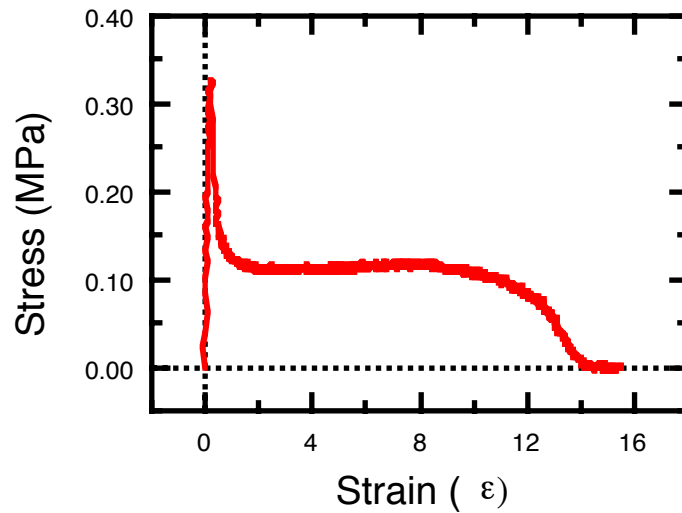


Figure 2: Courbe Contrainte déformation pour un adhésif de polyacrylate de 2ethylhexyle. ($T=0^{\circ}\text{C}$; $V=100\ \mu\text{m/s}$)

L'observation vidéo simultanée nous permet de mettre en évidence que dans tous les cas, le maximum de force correspond à l'apparition de cavités à l'interface entre le film et le poinçon. La formation de ces cavités résulte de l'application d'une pression hydrostatique négative. Une vue caractéristique de la formation de ces cavités est présentée sur la figure 3.

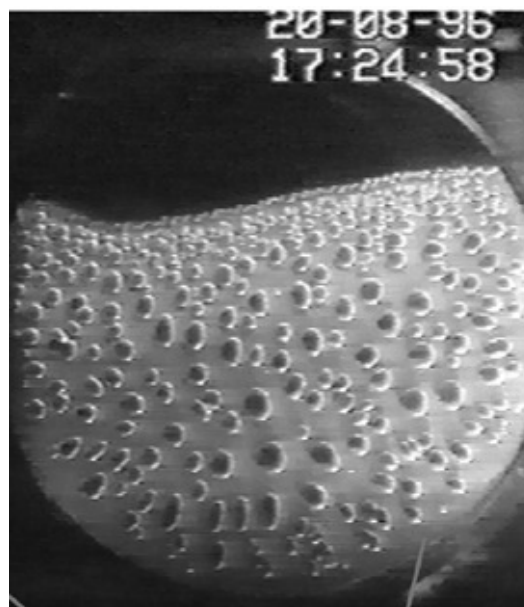


Figure 3: Vue de dessous de la cavitation dans un film de Polyacrylate de 2ethylhexyle avec 2% d'acide acrylique.

L'utilisation combinée de la mesure mécanique et de l'observation in-situ nous permet de dégager les mécanismes principaux intervenant lors du décollement ainsi que l'influence des paramètres expérimentaux sur ces derniers

La contrainte seuil de cavitation augmente avec la vitesse de décollement et diminue avec la température et ceci parallèlement à l'augmentation du module de conservation en cisaillement G' . Un exemple de cette variation est présentée sur la figure 4.

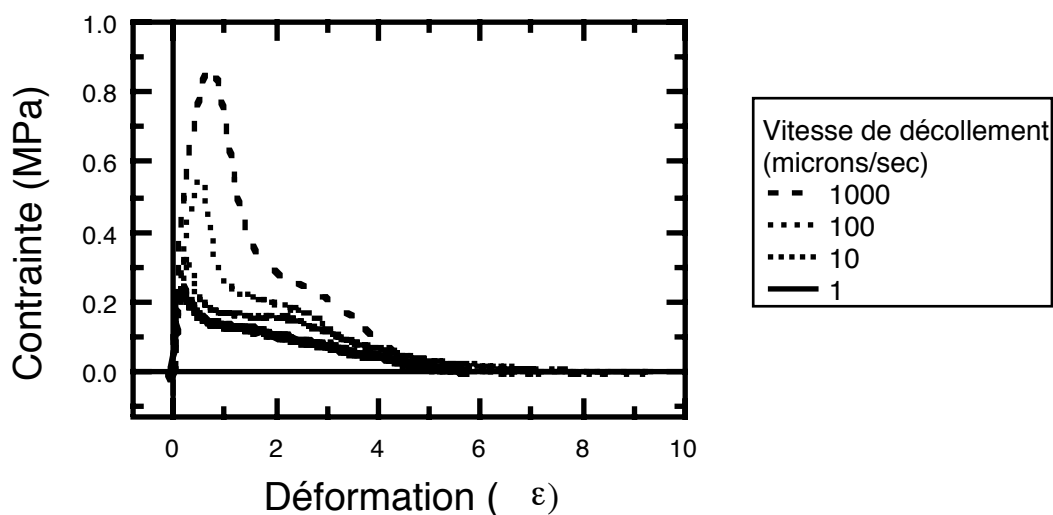


Figure 4: Courbes contrainte déplacement pour le polyacrylate de 2-ethylhexyle-2% acide acrylique. (T= 0°C)

La contrainte critique de cavitation est également influencée par la nature de la surface du poinçon (acier, verre ou polystyrène) bien que l'énergie thermodynamique d'adhésion ne semble pas dans ce cas être le seul paramètre pertinent.

Les cavités formées initialement forment ensuite des alvéoles à parois de plus en plus fines qui sont étirées dans la direction principale de traction donnant une structure fibrillaire relativement stable qui croit à contrainte réelle constante.

Finalement la rupture du joint se passe soit par rupture des parois des alvéoles (rupture cohésive) ou par décollement de ces mêmes parois du poinçon ou du substrat en verre.

D'autre part, à partir de la courbe force-déplacement, l'énergie totale nécessaire à la rupture peut être obtenue. Celle-ci suit les mêmes tendances que la force critique de cavitation bien que sa reproductibilité soit un peu moins bonne que celle de la contrainte maximum. Cette différence de comportement est due à une plus grande variabilité dans l'élongation maximale atteinte par les fibrilles avant rupture ou décollement.

La superposition temps température, utilisée classiquement pour les essais de pelage, avec les coefficients a_T obtenus en rhéologie linéaire en cisaillement. s'applique

relativement bien à la contrainte critique de cavitation mais s'applique beaucoup moins bien à l'énergie de séparation. En effet l'énergie de séparation est dépendante de la stabilité des fibrilles formés, stabilité qui dépend principalement des propriétés rhéologiques élongationnelles de l'adhésif.

Les mécanismes de déformation du film en fonction des conditions expérimentales seront discutés en détail et interprétés à partir des propriétés rhéologiques et des propriétés moléculaires des adhésifs.