

Caractérisation d'élastomères à haute fréquence

C. RIBEIRO

G. ALCURI

I. BERECHET

ALCTRA - 60 Bvd Henri Barbusse - 93100 Montreuil sous Bois.

Résumé : Dans les applications industrielles des élastomères, notamment dans le domaine automobile, les besoins en matière de modélisation et simulation vibro-acoustique imposent la considération de plages spectrales élevées. Ce papier décrit la conception et le développement d'un système de mesure des paramètres élastiques d'élastomères à hautes fréquences.

INTRODUCTION

L'objectif de ces essais est la caractérisation d'élastomères à haute fréquence. Pour cela un système de mesure a été spécialement conçu et développé par les auteurs. Le descriptif de ce système, ainsi que le protocole de calcul et un exemple de résultats de mesures sont fournis ci-après.

I DESCRIPTIF DES ESSAIS

I - 1 Matériau

Des échantillons sous forme de plots cylindriques de hauteur $h = 10$ mm et de diamètre $d = 10$ mm ont été étudiés, comprenant des populations de différents mélanges.

I - 2 Conditions

Les essais ont été réalisés à température ambiante dans une gamme de fréquence allant de 100 Hz à 3000 Hz, avec une précharge statique initiale de l'ordre de 5% de la hauteur du plot, maîtrisée et constante sur toute la gamme de fréquence étudiée ([1]). Les mesures ont été réalisées à amplitude de déplacement dynamique

constante ([2]), égale à 0.001 mm sur toute la gamme de fréquence étudiée.

I - 3 Expression des résultats

Les résultats sont présentés sous la forme suivante :

- Evolution du Module Complexe en fonction de la fréquence
- Evolution du Facteur de Perte en fonction de la fréquence

II APPROCHE EXPERIMENTALE

II - 1 Montage

- 1 - Excitateur électrodynamique
- 2 - Accéléromètre
- 3 - Eprouvette
- 4 - Capteur de force
- 5 - Support rigide

Le micro-ordinateur PC de traitement effectue l'acquisition des signaux temporels associés à l'excitation, à la force, et à l'accélération.

Il calcule le module complexe dynamique et le facteur de perte ($\tan \delta$).

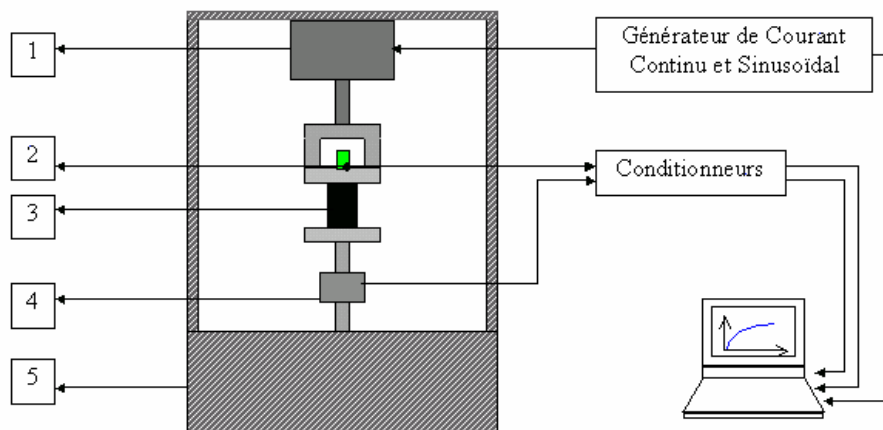


Figure 1

Schéma conceptuel et fonctionnel du montage expérimental

Remarque

- Il est important de respecter les points de mesures précisés sur la figure 2, la force et l'accélération mesurées doivent se trouver respectivement en position basse et haute. En effet, le calcul du module complexe dynamique est obtenu à partir des valeurs de a_1 et F_2 .

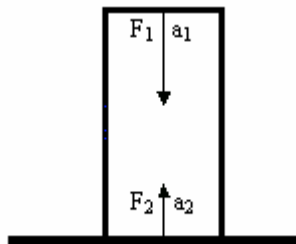


Figure 2

Cas simplifié d'un bloc élastomère cylindrique placé sur un support rigide comprimé axialement par une force F_1

Acquisition

- Pour chaque fréquence d'analyse, il faut appliquer au système une excitation monochromatique permettant d'obtenir le déplacement dynamique désiré.
- Acquisition simultanée des signaux :
 - d'excitation (voie de contrôle),
 - de force,
 - d'accélération.
- Nous obtenons un fichier associé à chaque fréquence d'analyse, contenant :
 - le signal d'excitation,
 - le signal de force,
 - le signal d'accélération,
 - la fréquence d'échantillonnage.
- Ces données expérimentales sont ensuite directement traitées numériquement par un programme informatique dont le protocole schématique de calcul dans le domaine fréquentiel est décrit ci-après.

II - 2 Protocole schématique de Calcul

Les mesures dynamiques de l'accélération et de la force nous permettent de calculer le module complexe dynamique et le facteur de perte.

Calcul du module complexe dynamique

La relation suivante nous permet de calculer le module complexe dynamique :

$$E' = (2\pi f)^2 \frac{h}{S} H_{aF}$$

où

- f : fréquence d'analyse
- h : hauteur de l'éprouvette
- S : section de l'éprouvette
- H_{aF} : fonction de transfert d'accélération appliquée à la fréquence d'excitation f_0

La fonction de transfert d'accélération est déterminée par la relation ci-dessous ([3]) (Voir figure 2) :

$$H_{aF} = H_{12} = \left. \frac{F_2}{Q_1} \right|_{\sigma_2=0}$$

Calcul du facteur de perte

Le module d'Young dynamique s'exprime sous la forme:

$$E' = E_1 + iE_2 = E_1(1 + i \tan(\delta))$$

où

- $\tan(\delta)$: facteur de perte
- E_1 : partie réelle du module d'Young dynamique
- E_2 : partie imaginaire du module d'Young dynamique

Finalement, on déduit le facteur de perte utilisant la relation suivante :

$$\tan(\delta) = \frac{E_2}{E_1}$$

III EXEMPLE DE RESULTATS

Les mesures ont été effectuées sur un échantillon avec un déplacement en statique de l'ordre de 5%.

La figure 3 présente les valeurs du Module Complexe Dynamique (« référence unité » : 10^6N/m^2) obtenues expérimentalement.

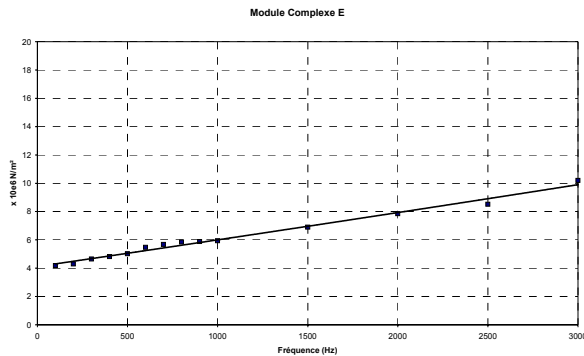


Figure 3
Evolution du Module Complexe en fonction de la fréquence

La figure 4 présente les valeurs du Facteur de Perte obtenues expérimentalement.

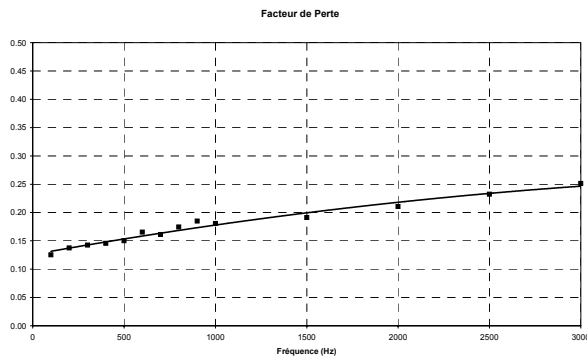


Figure 4
Evolution du Facteur de Perte en fonction de la fréquence

CONCLUSIONS

- Les résultats obtenus ont été validés jusqu'à 500 Hz (comparaison par rapport aux mesures réalisées selon les méthodes existantes).
- Des mesures effectuées à différentes températures ont permis de vérifier que le système respecte la loi de température WLF (spécifique aux élastomères) jusqu'à 2000 Hz ([1],[4]).
- Les résultats ont été obtenus avec un dispositif simple et robuste, comprenant un système d'acquisition et de traitement des données automatisé, débouchant sur la matérialisation d'un instrument très économique.

Références bibliographiques

1. Harris, J. et Stevenson, A., *Rubber Chem. Technol.*, 59, 740 (1986)
2. Gerspacher, M., O'Farrell, C.P. et Yang, H.H., "A Proposed Mechanism for the Reinforcement of Elastomers by Carbon Black", présenté à la seconde conférence sur le noir de carbone, Mulhouse, France, 1993
3. Kurze, U.J., "Laboratory measurements of vibro-acoustical properties of resilient elements", *Acta Acoustica* 2, 483-490, (December 1994)
4. Gerspacher, M., "Dynamic Viscoelastic Properties of Loaded Elastomers", Ch. 11, 289, "Carbon Black", 2nd édition, Ed. M. Dekker, New York, 1993