Sujet 10 :
Identification paramétrique d'une cale élastique automobile

Le cadre de l'étude est d'identifier un modèle de cale élastique présente dans la liaison au sol d'un véhicule automobile. Ces cales sont constituées de deux pièces métalliques reliées entre elles par un constituant intermédiaire en caoutchouc. Leur but est de filtrer les vibrations transmises entre les différentes partis du châssis tout en permettant la bonne manœuvrabilité du véhicule.

1 : Problème direct

La géométrie du constituant intermédiaire est telle que les différents comportements élémentaires de la cale (traction, cisaillement, torsion, ...) sont découplés les uns des autres. Plutôt que de mettre en place un modèle EF de la cale, on préfère souvent utiliser un modèle phénoménologique unidimensionnel représentant les différents comportements élémentaires, car ce type de modèle est plus simple à implémenter dans un code de simulation multicorps.

Un modèle phénoménologique couramment employé est le modèle *Rate-dependent Triboelastic* (RT). Il est composé de l'assemblage en série de plusieurs cellules élémentaires RT identiques, constituées chacune d'un ressort en parallèle avec un amortisseur non linéaire. Ce dernier vérifie une loi vitesse-force de la forme :

$$F_k(t) = C\mathrm{sign}(\dot{y}_k(t)) \left| \frac{\dot{y}_k(t)}{V_0} \right|^{\alpha}$$

où $V_0 = 1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, et $0 < \alpha < 1$. F_k désigne la force exercée sur l'amortisseur, et $\dot{y}_k(t)$ est la vitesse du degré de liberté k (en $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$). Cet assemblage de N cellules est ensuite complété par deux ressorts supplémentaires, qui représentent une rigidité globale additionnelle, et une rigidité aux petites amplitudes de sollicitation.

On choisit dans la suite 3 cellules élémentaires RT, ce qui conduit à résoudre les 3 équations suivantes pour le problème direct :

$$\begin{aligned}
(K_2 + K_3)y_1(t) - K_3 y_2(t) + C\mathrm{sign}(\dot{y}_1(t)) \left| \tfrac{\dot{y}_1(t)}{V_0} \right|^{\alpha} &= K_2 y_0(t) \\
-K_3 y_1(t) + 2K_3 y_2(t) - K_3 y_3(t) + C\mathrm{sign}(\dot{y}_2(t)) \left| \tfrac{\dot{y}_2(t)}{V_0} \right|^{\alpha} &= 0 \\
-K_3 y_2(t) + 2K_3 y_3(t) + C\mathrm{sign}(\dot{y}_3(t)) \left| \tfrac{\dot{y}_3(t)}{V_0} \right|^{\alpha} &= 0
\end{aligned}$$

où $y_0(t)$ est le déplacement imposé à l'une des extrémités de la cale (sachant que l'autre est supposée fixe). L'effort global exercé sur la cale peut alors s'exprimer comme :

$$F(t) = K_1 y_0(t) + K_2 \left(y_0(t) - y_1(t) \right)$$

La cale est testée selon un essai quasi-statique où l'entrée $y_0(t)$ est une fonction sinusoïdale de fréquence 1 Hz et d'amplitude 1 mm.

2 : Problème d'identification proposé

L'objectif est d'identifier les paramètres K_1, K_2, K_3, C et α du modèle RT de cale. On utilisera des données synthétiques obtenues à l'aide de simulations du problème direct.

2.1 : Proposer une fonction coût qui permette de quantifier l'écart entre l'effort expérimental et celui obtenu par une simulation du problème direct. Étudier l'évolution de la fonction coût en fonction des valeurs des paramètres et de la durée d'observation. Mettre en place une méthode de minimisation de la fonction coût, et qualifier sa capacité à converger vers le minimum recherché pour différentes valeurs initiales de paramètres (on testera différents algorithmes de minimisation).

2.2 : Étudier l'influence sur les résultats de l'identification de l'ajout de bruit sur les données synthétiques (tester différents niveaux de bruit). Analyser les effets de l'ajout d'un terme de régularisation.

2.3 : Étudier l'impact sur la résolution du problème inverse du choix des pas de temps temporels, aussi bien pour le calcul du problème direct que pour les données synthétiques.

2.4 : Etudier la possibilité d'identifier les paramètres avec une sollicitation en entrée de type échelon plutôt que sinusoïdale.