

Sujet 9 :

Maintenance préventive dans une suspension de véhicule

Le cadre de l'étude est de déterminer, pour un véhicule en roulage sur une route imparfaite, le délai de maintenance de la suspension, par identification de la loi d'évolution temporelle d'un paramètre de raideur.

1 : Problème direct

On propose un modèle simplifié de suspension à un degré de liberté, composé d'une masse ponctuelle m sur un système vertical composé d'un ressort (raideur $k(t)$ dépendant du temps) et d'un amortisseur (amortissement visqueux c constant). L'ensemble "roule" (glisse, en fait) à vitesse horizontale constante v sur une route imparfaite de profil $y_0(x)$. On suppose que le contact est bilatéral, c'est-à-dire toujours maintenu au cours du temps. L'équation différentielle régissant le mouvement vertical de la masse est donc :

$$m\ddot{y}(t) + c(\dot{y}(t) - vy_0'(vt)) + k(t)(y(t) - y_0(vt)) = 0$$

et les conditions initiales sont supposées liées au profil de la route :

$$\begin{aligned}y(0) &= y_0(0) \\ \dot{y}(0) &= vy_0'(0)\end{aligned}$$

La raideur $k(t)$ du ressort évolue de façon décroissante en fonction du temps selon une loi exponentielle de paramètres k_0 , α et T_f :

$$k(t) = k_0 \frac{1 - \tanh(\alpha(t - T_f))}{2}$$

k_0 désigne la raideur non endommagée du ressort, tandis que, d'une part T_f correspond au temps au bout duquel le ressort a perdu la moitié de sa raideur, d'autre part α caractérise la forme de l'évolution de l'endommagement dans le ressort.

2 : Problème d'identification proposé

L'objectif est d'identifier les paramètres k_0 , α et T_f de la loi d'évolution de la raideur du ressort. Tous les autres paramètres sont supposés parfaitement connus, et on ne cherchera donc pas à les identifier. 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 la réponse expérimentale et celle obtenue 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.