

alors la matrice d'observation construite avec les variables articulaires simulées est proche de la matrice d'observation réelle $W_{réel}$. Dans ce cas l'approximation de la jacobienne (10) est vérifiée. Par conséquent le vecteur de paramètres estimés X_I est proche du vecteur de paramètres réel $\chi_{réel}$. Finalement $W_0 \hat{\chi}_I$ est proche de Y et le critère C_τ est minimisé. On formalise cette explication de la manière suivante:

$$\lim_{\substack{f_{eb} \rightarrow^a f_{eb} \\ g_\tau / M_{tot} \rightarrow^a g_\tau / M_{tot}}} W_0 = W_{réel} \Rightarrow \lim_{W_0 \rightarrow W_{réel}} \hat{\chi}_I = \chi_{réel} \quad (18)$$

4.4 Initialisation de la procédure itérative

L'initialisation de la procédure itérative pose la question du choix du vecteur $\hat{\chi}^k$ pour $k=0$. Dans (Gautier et al. 2011a) et (Gautier et al. 2011b), une initialisation régulière est proposée:

$$M_1^0 = M_2^0 = K_{12}^0 = I, F_{v1}^0 = F_{v2}^0 = F_{c1}^0 = F_{c2}^0 = 0 \quad (19)$$

On rappelle que par l'utilisation des gains d'adaptation $g_{m/k}$ et $g_{c/k}$, la sensibilité aux paramètres des variables articulaires est très faible. Une deuxième initialisation appelée initialisation pseudo-régulière a été décrite dans (Gautier et al. 2011d):

$$\begin{aligned} M_1^0 &= M_2^0 = M_{tot} / 2, F_{v1}^0 = F_{v2}^0 = F_{tot} / 2, \\ F_{c1}^0 &= F_{c2}^0 = F_{ctot} / 2 \end{aligned} \quad (20)$$

5. VALIDATION EXPERIMENTALE

5.1 Acquisition de donnée

La position du moteur et du chariot sont mesurées par des encodeurs à haute résolution (12500 points par tour). La fréquence d'échantillonnage des positions et de la consigne est de 1000Hz. L'effort moteur est calculé par la relation suivante:

$$\tau_I = {}^{ap} g_\tau v_\tau \text{ avec } {}^{ap} g_\tau = 35.15 N / V \quad (21)$$

Où v_τ est la tension de référence de l'amplificateur de courant et ${}^{ap} g_\tau$ est le gain d'actionnement du moteur. Ce dernier est pris comme un gain constant car la bande passante de la boucle de courant est supérieure à la bande passante du robot. Un essai à sortie bloquée estime le premier mode flexible f_{nat} aux alentours de 30Hz. La bande passante de la boucle fermée avec un régulateur PD est fixé à 20.05Hz. Cette fréquence permet d'identifier tous les paramètres du robot. La trajectoire excitante est composée d'un signal de type trapèze-vitesse sommé d'un sinus à fréquence variable à faible amplitude. Le signal en trapèze-vitesse permet d'exciter les inerties et les frottements. Le sinus à fréquence variable excite la raideur.

5.1 Identification du modèle dynamique rigide

Le modèle dynamique rigide est valable à basse fréquence (inférieur à 10Hz). Le filtre decimate est donc réglé à une fréquence de 5Hz. Les conditions initiales sur les paramètres

utilise l'initialisation régulière ($M_{tot}^0 = I, F_{v_{tot}}^0 = 0, F_{c_{tot}}^0 = 0$). Les gains du simulateur sont adaptés dans le simulateur à chaque itération k comme expliqué dans (Gautier et al. 2011a).

TABLE 3. IDENTIFICATION AVEC LA METHODE DIDIM DU MODELE DYNAMIQUE RIGIDE

Paramètre	$\hat{\chi}_2$	$100 * \sigma_{\hat{\chi}_2} / \hat{\chi}_2 $
M_{tot} (Kg)	107	0.382
$F_{v_{tot}}$ (N/m/s)	209	1.75
$F_{c_{tot}}$ (N)	19.5	1.63
$\ Y - W.X\ / \ Y\ $	4.25%	
$Cond(\Theta)$	11.3	

Ces valeurs vont permettre par la suite de calculer les conditions initiales des paramètres avec l'initialisation pseudo-régulière.

5.3 Identification du rapport optimal et de la fréquence naturelle à entrée bloquée optimale

La méthode d'optimisation choisie utilise l'algorithme Nelder-Mead. Pour l'optimisation avec le critère C_{q_I} , la fréquence de coupure basse est de 5Hz et la fréquence de coupure haute est de 60Hz. Un sous-échantillonnage des mesures est effectué. La fréquence de coupure pour le critère C_τ est aussi de 60Hz avec un sous-échantillonnage.

Les conditions initiales sont les suivantes: $(g_\tau / M_{tot})_0 = 0.45$ et $f_{eb_{opt}} = 30Hz$. La convergence sur le critère C_τ prend 12 itérations et 15 pour le critère C_{q_I} pour respectivement 2 et 26 simulations du MDD.

TABLE 2. RÉSULTAT D'IDENTIFICATION

Critère	C_{q_I}		C_τ	
Gains	$(g_\tau / M_{tot})_{opt}$	$f_{eb_{opt}}$	$(g_\tau / M_{tot})_{opt}$	$f_{eb_{opt}}$
	0.3458	23.76	0.3095	23.65
	$C_{q_I, final} = 2.12\%$		$C_{\tau, final} = 10.91\%$	

Logiquement la valeur de $(g_\tau / M_{tot})_{opt}$ doit être proche de ${}^{ap} g_\tau / M_{tot}$ si ${}^{ap} g_\tau$ est connu avec assez de précision. On remarque que c'est le cas: ${}^{ap} g_\tau / M_{tot} = 0.3285 \approx (g_\tau / M_{tot})_{opt}$

L'identification de ces valeurs va permettre de conserver précisément les bandes passantes des ddl rigide et flexible et de prendre en compte l'erreur sur g_τ et M_{tot} . Les valeurs de $(g_\tau / M_{tot})_{opt}$ et de $f_{eb_{opt}}$ prises pour la suite sont celles identifiées avec le deuxième critère qui n'utilise que l'effort moteur.

5.4 Identification du modèle dynamique flexible