

## TD 99



## Système de freinage d'un TGV DUPLEX

Centrale Supelec – PSI – 2006

## Savoirs et compétences :

## Dispositif d'anti-enrayage

L'objectif de cette partie est l'étude de la loi de commande du dispositif d'anti-enrayage et plus précisément le calcul du correcteur de la boucle de régulation en vue de satisfaire un cahier des charges qui sera exprimé par la suite.

La réalisation de la régulation de glissement ne peut être effectuée directement, en particulier la seule mesure généralement disponible est celle de la vitesse  $V_R$ , aussi la vitesse  $V_T$  est obtenue par estimation. En « pratique », la mise en place de la chaîne de régulation du dispositif d'anti-enrayage du système de freinage est conçue de la façon suivante :

- elle est réalisée au travers de l'asservissement des vitesses des roues à une consigne de référence obtenue à partir de  $V_T$  ;
- la commande de l'actionneur est non linéaire, de type tout ou rien ;
- les algorithmes implémentés visent à optimiser le point de fonctionnement en vue de minimiser la distance de freinage.

Cependant, dans le cadre de cette étude, on supposera que :

- les vitesses  $V_R$  et  $V_T$  sont directement accessibles à la mesure, éventuellement entachées d'une erreur ;
- la régulation peut se ramener directement à celle du glissement ;
- le comportement de l'actionneur et de sa « commande rapprochée » est modélisé par une fonction de transfert linéaire correspondant à un comportement « moyen ».

On suppose, pour la suite, que l'architecture de la boucle de régulation est représentée sur la figure suivante où est la consigne de glissement.

Marges de stabilité, performances en boucle ouverte	
Pulsation de coupure à 0dB	$\omega_c \approx 1 \text{ rad/s}$
Marge de phase	$\Delta\Phi \geq 60^\circ$ au point de fonctionnement nominal $B$
Stabilité quel que soit le point de fonctionnement sur la caractéristique $\mu = f(v)$	
Réponse à un échelon de consigne de glissement	
Écart de régime permanent	Nul
Temps du 1 <sup>er</sup> maximum	$t_m \leq 3,5 \text{ s}$
Dépassement	$D \leq 18\%$
Réponse à une variation en échelon de l'adhérence	
Écart en régime permanent	Nul
Temps de réponse	$t_r \leq 9 \text{ s}$

- $H_1(p)$  : fonction de transfert de l'actionneur de freinage (vérin pneumatique + électrovalve) ;
- $H_2(p)$  : fonction de transfert de la roue au freinage ;
- $C(p)$  : correcteur de la boucle de régulation ;
- $M(p)$  : fonction de transfert de la chaîne de mesure du glissement obtenu à partir des vitesses  $V_T$  et  $V_R$ , cette chaîne comporte un filtre destiné à limiter l'impact des bruits de mesure ;
- $v_m$  : glissement estimé à partir de  $V_T$  et de  $V_R$ .

On adoptera pour la suite :

$$H_1(p) = \frac{2000}{1 + 0,1p + 0,01p^2} \quad M(p) = \frac{1}{1 + 0,05p}.$$

Pour une vitesse  $V_T = 200 \text{ km h}^{-1}$ , le cahier des charges est résumé par les données du tableau suivant et les données numériques utilisées sont données ci-dessous. Enfin, les problèmes liés à l'évolution de la vitesse  $V_T$  ne font pas l'objet de cette étude.

On note  $M = 8200 \text{ kg}$ ,  $V_T = 200 \text{ km h}^{-1}$ ,  $\frac{I}{r^2} = 400 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ .

## Analyse des réponses fréquentielles en boucle ouverte

$$\text{On donne } H_2(p) = \frac{r^2 / (I V_{T0})}{p} = \frac{45 \cdot 10^{-6}}{p}.$$

**Question 1** En prenant  $C(p) = 1$ , compléter par le tracé asymptotique le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte fourni en figure suivante en justifiant le tracé.

