

TD* : Suspension de camion

Présentation du problème

A- Mise en situation

Lors du chargement du camion à quai, il est souvent nécessaire d'ajuster la hauteur du châssis de manière à pouvoir charger rapidement les marchandises avec un transpalette.

Les temps de chargement et déchargement étant des périodes qui coûtent cher aux entreprises de transport, un système de régulation de la hauteur du châssis est installé sur la suspension du véhicule.



B- Description du système

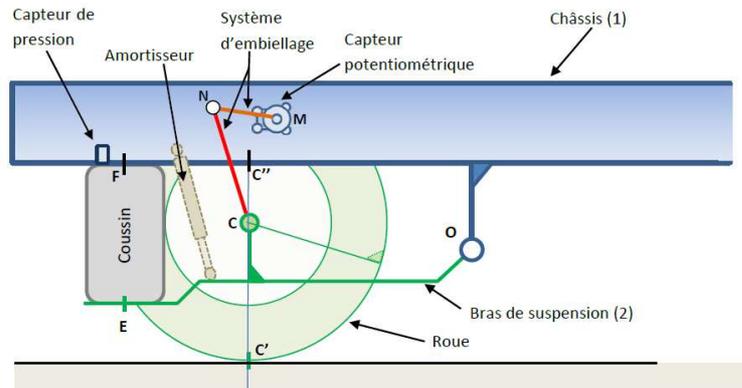
La suspension étudiée ici est une suspension pneumatique : cette fonction est assurée par des coussins d'air associés à des amortisseurs montés sur chaque roue. Ces coussins d'air sont alimentés par une servovalve. Laquelle est commandée par une carte de commande de la suspension.

Bien que ces coussins soient au nombre de 6 on suppose qu'on en a un seul dont la surface et le volume sont équivalente à ceux des 6 coussins.

La consigne de hauteur du châssis $y_C(t)$ est donnée par l'opérateur via un pupitre comprenant un adaptateur qui transforme cette hauteur (en m) en un nombre binaire $b_C(t)$ (en bit). Cet adaptateur est un gain pur K_A .

Ce nombre est comparé à celui issu du capteur de hauteur du châssis. Ce capteur qui est constitué d'un système d'embellage d'un capteur potentiométrique et d'un convertisseur analogique numérique (CAN) fourni avec un gain pur $K_C = 1500 \text{ bit.m}^{-1}$ un nombre binaire $b_m(t)$ à la carte de commande.

Ensuite un correcteur à partir de l'écart $\varepsilon(t) = b_C(t) - b_m(t)$ envoie une intensité $i(t)$ à la servovalve qui alimente le coussin d'air avec un débit $q(t)$. Enfin ce coussin d'air modifie la hauteur du châssis $y(t)$.



C- Objectif de l'étude

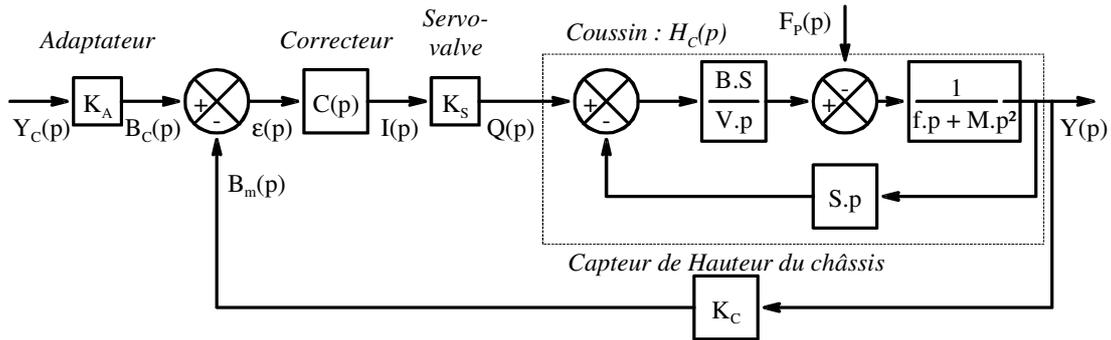
Le cahier des charges précise donc les critères suivants :

- ☞ Une erreur statique totale ε_{st} pour un échelon de consigne nulle : $\varepsilon_{st} = 0 \text{ m}$
- ☞ Une erreur de trainage totale ε_{tt} pour une consigne en rampe de pente $V_0 = 30 \text{ mm.s}^{-1}$ inférieure à 30 mm : $\varepsilon_{tt} \leq 0,03 \text{ m}$.
- ☞ Une marge de gain de $M_G \geq 10 \text{ dB}$, une marge de phase de $M_\phi \geq 45^\circ$ (critère de stabilité)
- ☞ Une pulsation de coupure à 0 dB de la FTBO de $\omega_{0dB} \geq 1 \text{ rad.s}^{-1}$ (critère de rapidité).

Le but de l'exercice est de choisir et dimensionner un correcteur permettant de répondre à ces critères du cahier des charges.

Travail demandé

Une première étude a permis, à partir du PFD et des équations de comportement de l'air dans les coussins, d'établir le schéma bloc de cet asservissement :



$F_p(t)$ est la force de perturbation liée au poids du camion. On prendra $F_p(t) = F_{p0} = 100 \text{ KN}$

On a les constantes suivantes du système : ☞ Surface et volume d'air $S = 0,5 \text{ m}^2$ et $V = 0,22 \text{ m}^3$

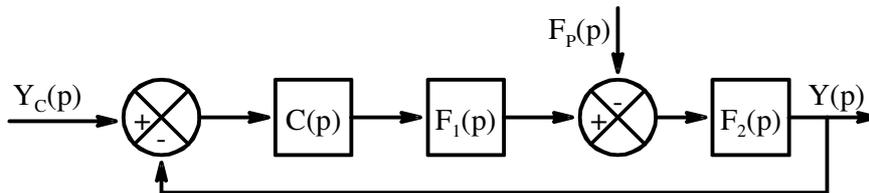
☞ Masse du châssis et coefficient de frottement de l'amortisseur : $M = 10\,000 \text{ kg}$ et $f = 2,5 \cdot 10^4 \text{ N.s.m}^{-1}$

☞ Module de compressibilité de l'air : $B = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

☞ Gain de la servovalve : $K_S = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{A}^{-1}$.

1- Modélisation

L'asservissement a un fonctionnement normal : l'écart $\epsilon(t)$ est nul lorsque la réponse $y(t)$ est égale à la consigne $y_c(t)$. Il est alors possible de ramener le schéma bloc ci-dessous au schéma bloc à retour unitaire ci-dessous. Déterminer les expressions numériques des fonctions $F_1(p)$ et $F_2(p)$ et en déduire $H_{\text{BONC}}(p)$ l'expression numérique de la fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée ($C(p) = 1$).



Une analyse fréquentielle permet d'obtenir le diagramme de Bode donné en page 3 de la fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée de cet asservissement (FTBO pour $C(p) = 1$). Proposer un ou plusieurs correcteurs permettant de répondre au cahier des charges. Justifier la réponse.

2- Etude avec un correcteur proportionnel

Déterminer la condition sur le gain K d'un correcteur proportionnel ($C(p) = K$) permettant de respecter les critères de précision et de rapidité. Ce correcteur proportionnel peut-il respecter tous les critères du cahier des charges. Justifiez votre réponse.

3- Etude avec un correcteur à retard de phase

Le correcteur proportionnel donne une réponse temporelle avec beaucoup d'oscillations. Cela est dû à la résonance du vérin. On utilise un correcteur à retard de phase : $C(p) = \frac{K \cdot (1 + b \cdot \tau \cdot p)}{1 + \tau \cdot p}$ avec $b < 1$

Celui sera dimensionné de telle sorte que la phase minimale sera obtenue à la pulsation ω_r de résonance du vérin et que la diminution du gain apporté par ce correcteur vienne compenser Q_{rdB} le facteur de résonance du vérin. Ainsi la résonance du vérin sera effacée par le correcteur.

Déterminer b et τ pour gommer la résonance puis K pour respecter la pulsation de coupure à 0dB.

Ce correcteur permet-il de respecter tous les critères du cahier des charges ? Justifier totalem votre réponse.

