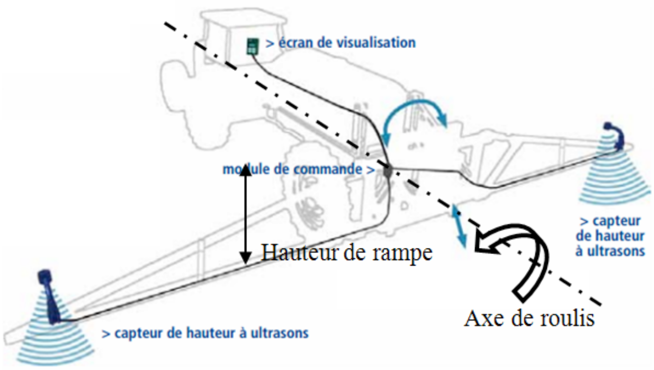
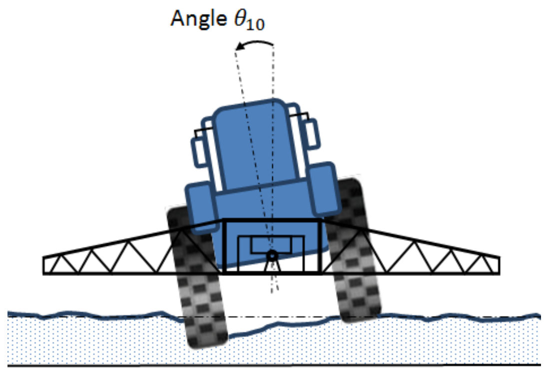
PCSI1 MPSI1, DM de SI octobre novembre 2025

L'étude porte sur le système « SLANT CONTROL » qui assure le maintien de la rampe de pulvérisation parallèle au sol à une hauteur enregistrée par l'utilisateur.





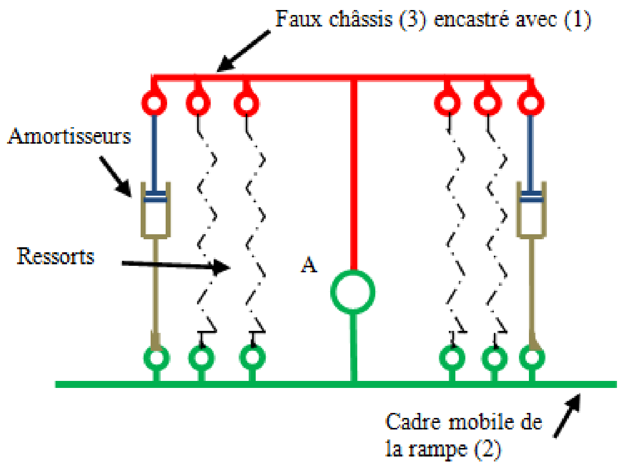
Ce système permet d'augmenter l'efficacité des traitements phytosanitaires afin de réduire leurs utilisations.

Etude de la suspension

Le rôle de la suspension est de limiter l'intensité des efforts dus à un mouvement brutal entre le châssis et le cadre de la rampe.

On souhaite élaborer dans un premier temps, un modèle permettant d'évaluer le comportement oscillatoire de la rampe dans la phase de vie étudiée.

Une étude dynamique permet d'établir l'équation suivante :



$$I_2.\frac{d^2\theta_{20}(t)}{dt^2} = -k_v.\frac{d(\theta_{20}(t)-\theta_{10}(t))}{dt} - k_r.(\theta_{20}(t)-\theta_{10}(t))$$

Avec : $\theta_{10}(p)$ *angle de roulis du tracteur*

$\theta_{20}(p)$ *angle de position de la rampe par rapport au sol.*

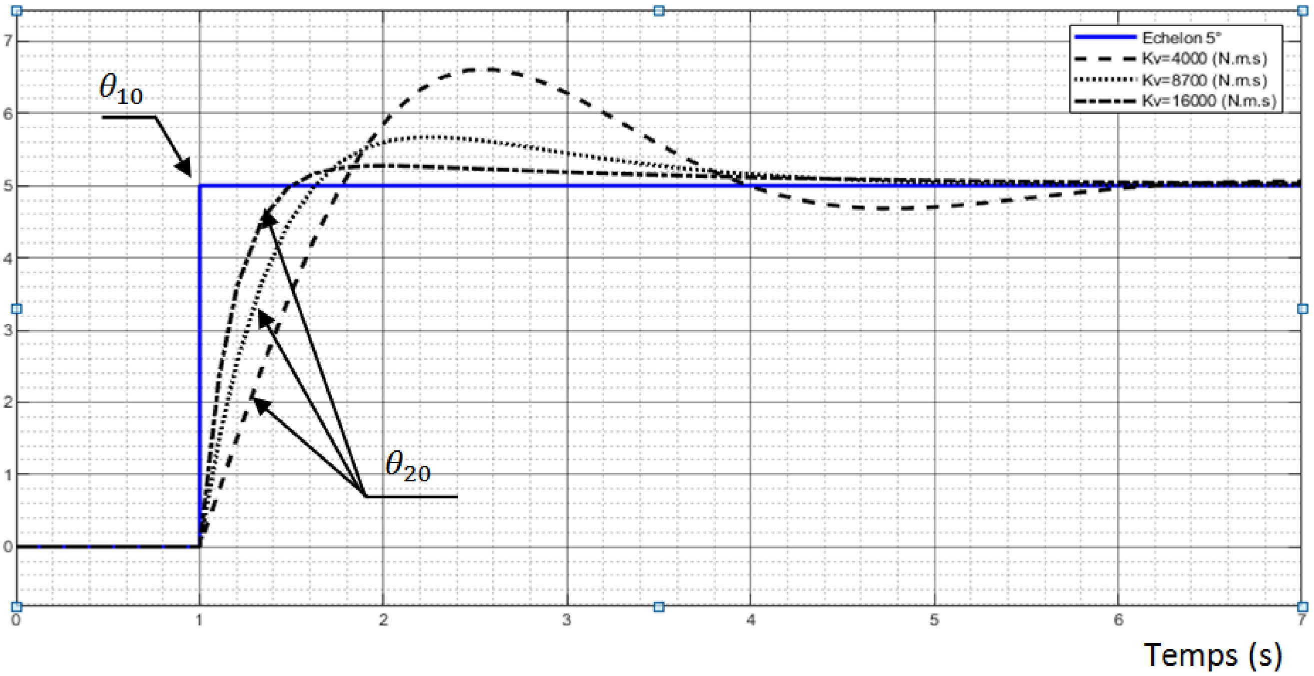
Question 1 *Donner la fonction de transfert* $\dfrac{\theta_{20}(p)}{\theta_{10}(p)}$.

La mettre sous la forme $\dfrac{\theta_{20}(p)}{\theta_{10}(p)} = K.\dfrac{1+\dfrac{2.z}{\omega_0}.p}{\dfrac{p^2}{\omega_0^2}+\dfrac{2.z}{\omega_0}.p+1}$ *et exprimer* K, ω_0 *et* z.

Dans un premier temps on va déterminer la raideur des ressorts.
L'exigence du cahier des charges impose une absence de résonance et un temps de réponse, à une sollicitation indicielle, le plus faible possible, on prend donc $z = 0{,}7$.

Question 2 *En déduire l'expression k_r en fonction de k_v et I_2.*

Pour la valeur de $k_r = 7000 \quad N.m/°$ et $\omega_0 = 1{,}6 \quad rad/s$, on propose plusieurs résultats de simulation de la réponse angulaire θ_{20} de la rampe par rapport au faux châssis à un échelon de position angulaire θ_{10} de 5 ° du tracteur par rapport au sol.



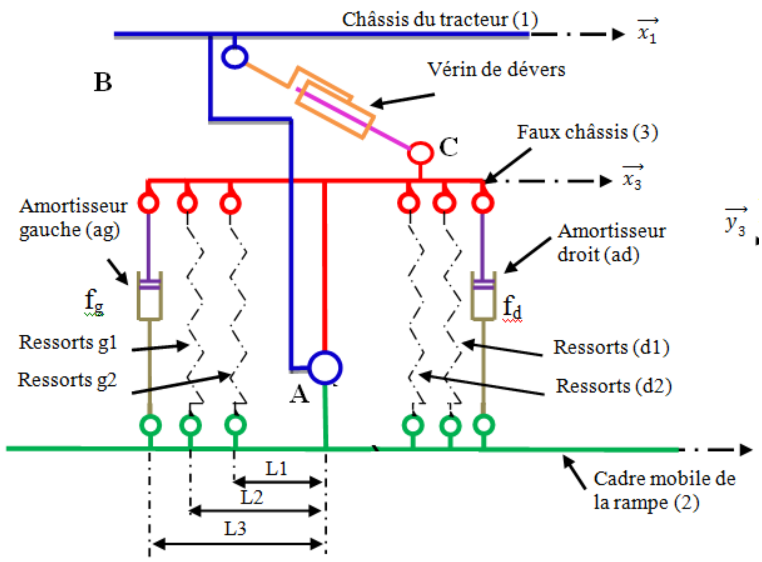
Question 3 *Conclure sur le choix de k_v.*

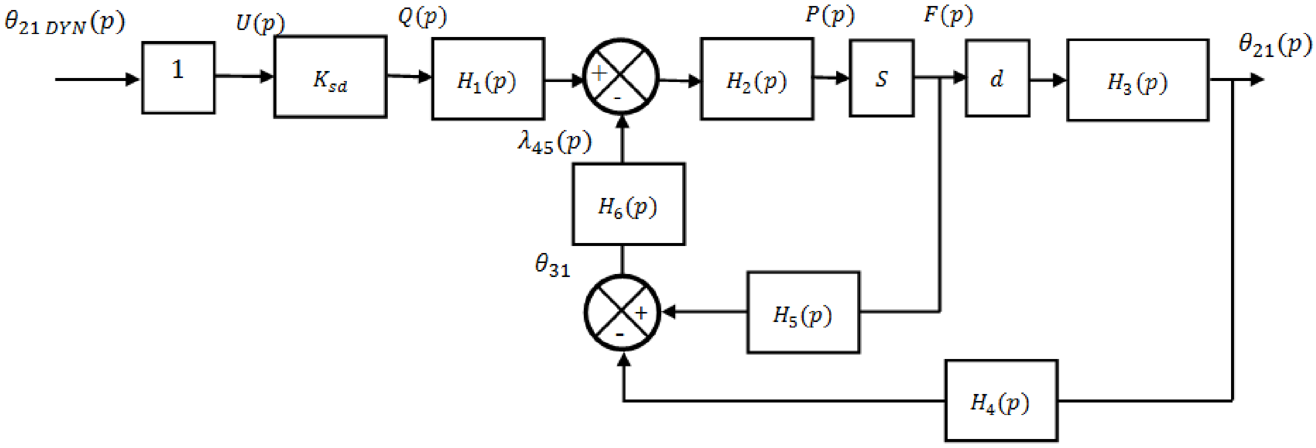
Etude du système « SLANT CONTROL »

La version « SLANT CONTROL » va permettre de piloter automatiquement le parallélisme de la rampe.

Il est constitué d'un vérin hydraulique associé à un asservissement en position.

On donne le schéma bloc de la commande en boucle ouverte de la rampe (2).





Modélisation du vérin.

On donne l'équation : $$Q(t) = S.\frac{d\lambda_{45}(t)}{dt} + \frac{V_0}{2.B}.\frac{dP(t)}{dt}$$

Avec $Q(t)$: Débit du vérin. $\lambda_{45}(t)$: Translation du vérin.

$P(t)$: Différence de pression entre les 2 chambres du vérin.

Question 4. *En déduire les fonctions de transfert* $H_1(p)$ et $H_2(p)$

Modélisation de la dynamique de la rampe.

On donne l'équation : $$I_3.\frac{d^2\theta_{31}(t)}{dt^2} + I_2.\frac{d^2\theta_{21}(t)}{dt^2} = d.F(t)$$

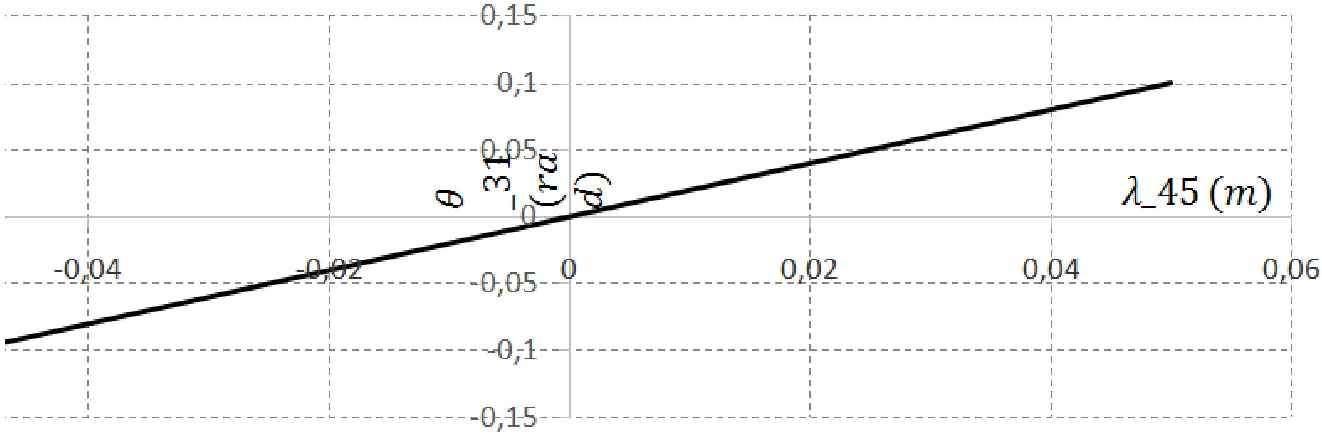
Avec $\theta_{31}(t)$: Angle de rotation du « Faux châssis ».

$\theta_{21}(t)$: Angle de rotation du cadre mobile. $F(t)$: Effort vérin.

Question 5. *En déduire les fonctions de transfert* $H_4(p)$ et $H_5(p)$

Modélisation de la loi de mouvement.

On donne la courbe représentant la loi de mouvement avec $\lambda_{45}(t)$ la translation du vérin.



Question 6. *En déduire la fonction de transfert* $H_6(p)$.

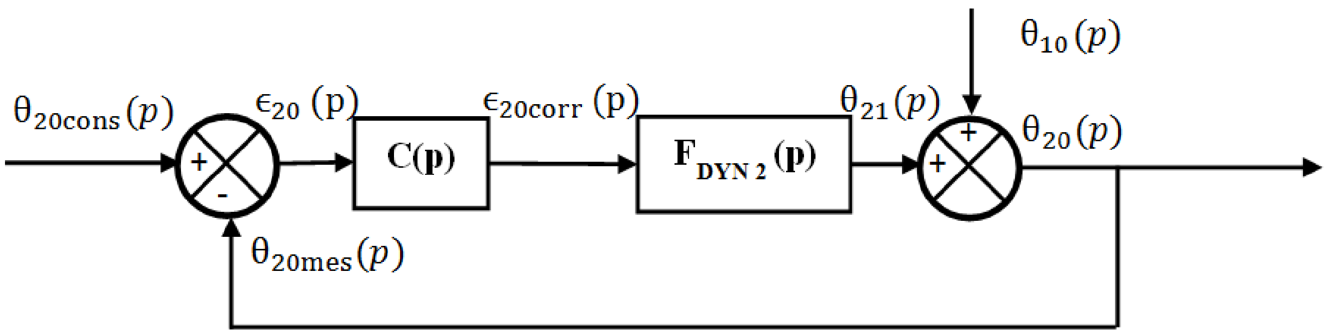
Question 7. *Déterminer la fonction de transfert* $F(p)=\dfrac{\theta_{21}(p)}{U(p)}$ *en fonction de* K_{sd}, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, S *et* d.

Mettre le résultat sous la forme $F(p)=\dfrac{A.B.H_1(p).K_{sd}}{1+A.H_6(p).[H_5(p)-B.H_4(p)]}$ *en précisant* A *et* B.

Etude de l'asservissement en roulis de la rampe

Une simulation numérique permet de montrer que la fonction de transfert (en conservant les pôles dominants uniquement) est $F_{DYN2}(p)=\dfrac{1}{p.(1+p)}$.

Le modèle retenu pour l'étude de l'asservissement est présenté sur la figure suivante.



On considère la perturbation nulle, $\theta_{10}(p)=0$

On utilise un correcteur proportionnel, $C(p)=K_c$

Question 8.

Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H(p)=\dfrac{\theta_{20}(p)}{\theta_{20cons}(p)}$ *en fonction de* K_c.

La mettre sous forme canonique $\dfrac{K}{\dfrac{p^2}{\omega_0^2}+\dfrac{2.z}{\omega_0}.p+1}$.

Identifier ses paramètres caractéristiques K, ω_0 *et* z.

Déterminer K_c *afin d'avoir le temps de réponse le plus rapide sans dépassement* ($z=1$).