

Chapitre 3

Modélisation des SLCI par schémas blocs

TD 4



Transmission à variation continue vario-fendt

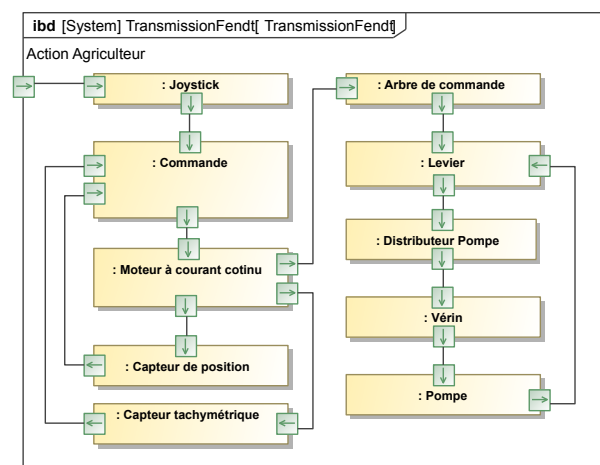
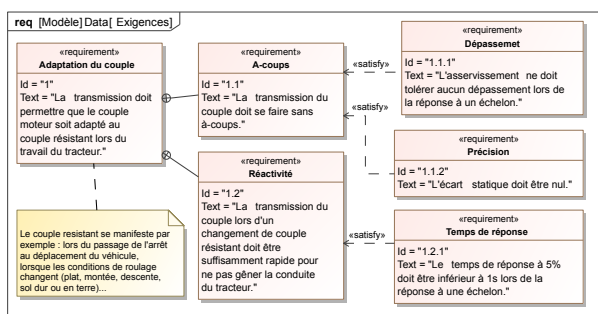
D'après concours CCP MP – 2008.

Savoirs et compétences :

Mise en situation

Objectif

Les tracteurs de la gamme *Fendt 900 Vario* sont équipés d'une transmission à variation continue. Ce dispositif permet de régler la vitesse de façon continue sans à-coups et d'exploiter au mieux les capacités du moteur thermique quelle que soit la configuration de travail. Pour cela le tracteur est équipé d'un groupe hydraulique constitué d'un arbre de commande, de deux moteurs hydrauliques ainsi que d'une pompe à débit variable.



Asservissement de position de l'arbre de commande

Afin de régler le débit de la pompe, on actionne un arbre de commande à l'aide d'un moteur à courant continu dont les équations caractéristiques sont les suivantes :

- $u(t) = Ri(t) + e(t);$
- $e(t) = k_e \frac{d\theta(t)}{dt};$
- $c(t) = k_a i(t);$
- $J_e \cdot \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = c(t).$

Le moteur est asservi en vitesse grâce à une génératrice tachymétrique de gain K_f .

Le moteur est aussi asservi en position. On utilise pour

cela un capteur de gain K_p fournissant une tension $u_r(t)$ proportionnel à la position angulaire de l'arbre moteur. Le signal de commande est élaboré après que l'écart $\varepsilon(t)$ a été modulé par un correcteur proportionnel de gain K_c . Ainsi, on a :

- $u(t) = K_c (u_e(t) - u_r(t))$.

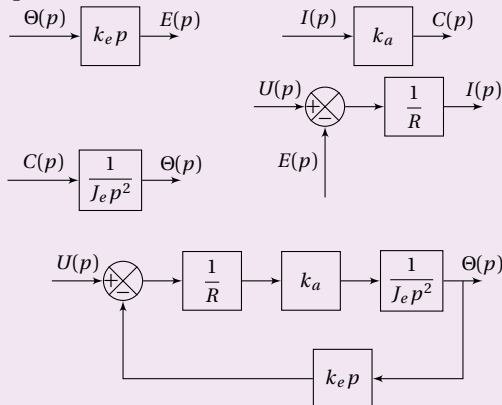
Le moteur à courant continu entraîne un arbre de commande comportant deux cames destinées à commander la pompe ainsi que deux moteurs hydrauliques (dont le but est de fournir de l'énergie hydraulique au système).

Question 1 Donner les équations du moteur à courant continu dans le domaine de Laplace et tracer les schémas blocs élémentaires correspondant. Réaliser alors le schéma bloc du moteur à courant continu.

Correction On a les équations suivantes :

- $U(p) = RI(p) + E(p)$;
- $E(p) = k_e p \Theta(p)$;
- $C(p) = k_a I(p)$;
- $J_e p^2 \Theta(p) = C(p)$.

On peut ainsi établir les schémas blocs suivants :

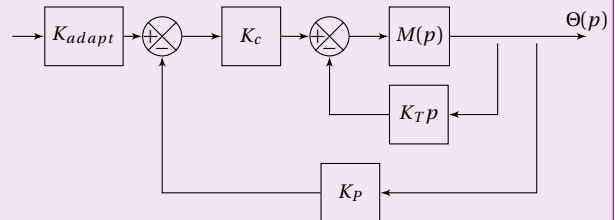


On note $M(p) = \frac{\Theta(p)}{U(p)}$.

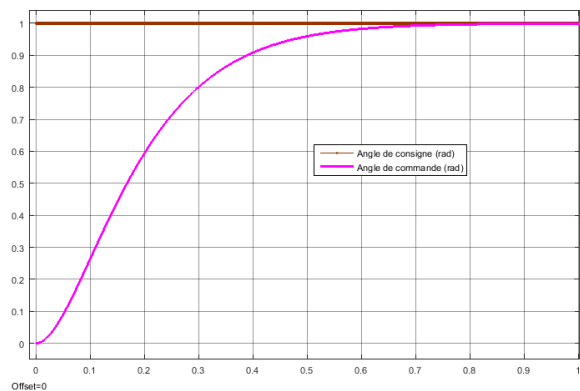
Question 2 Réaliser le schéma bloc de l'asservissement en vitesse grâce à la génératrice tachymétrique puis l'asservissement en position en utilisant le correcteur proportionnel et le capteur de position angulaire. Compléter le schéma bloc pour que la grandeur asservie soit l'angle de l'arbre de commande.

Correction Le signal en sortie du moteur étant une position angulaire, il est nécessaire d'avoir recours à une dérivation pour réaliser le retour tachymétrique. Cela explique donc la présence d'une multiplication par p dans la boucle d'asservissement en vitesse.

Pour que la grandeur asservie soit un angle, on ajoute en entrée du schéma bloc un gain d'adaptation permettant de convertir un angle de consigne en tension de commande.



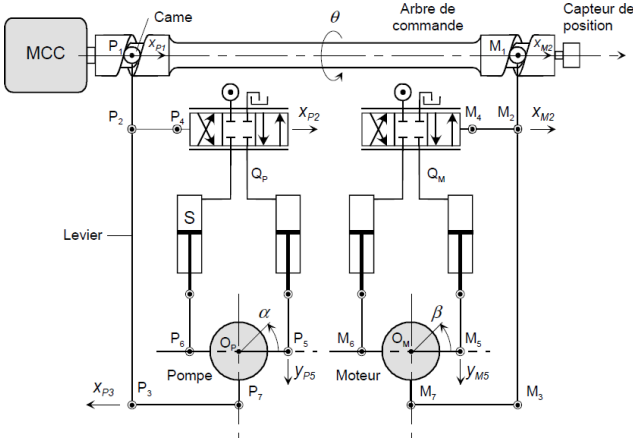
Question 3 Une simulation correspondant à une sollicitation par un échelon d'un radian a été réalisée grâce à un logiciel de simulation multiphysique. L'asservissement de la position de l'arbre de commande respecte-t-il les exigences 1.1.1, 1.1.2 et 1.2.1 du cahier des charges ?



Correction La mesure du temps de réponse à 5% donne 0,475 s. On observe aucun déplacement et l'écart statique est nul. L'asservissement de la position angulaire de l'arbre de commande permet donc de satisfaire les exigences 1.1.1, 1.1.2 et 1.2.1.

Transmission Vario

La figure suivante illustre le fonctionnement de la transmission Vario.



Ce fonctionnement peut se décrire en deux étapes :

1. sous l'action d'une rotation d'angle θ de l'arbre de commande, la came de pas p_p (en mm/rad) provoque une translation x_{P1} d'un galet. Le levier pivote alors autour de P_3 provoquant un déplacement de P_2 noté x_{P21} du distributeur puis une rotation d'un angle α de la pompe.
2. en pivotant, la pompe entraîne une translation du point P_3 . Le levier pivote alors autour de P_1 provoquant un déplacement de P_2 noté x_{P22} .

Au final, on note :

- $x_{P2} = x_{P21} - x_{P22}$ la translation de P_2 ;
- $P_1P_2 = a$, $P_2P_3 = b$;
- $O_P P_5 = c$, $O_P P_7 = d$.

Le débit volumique $q_p(t)$ en sortie du distributeur est proportionnel au déplacement x_{P2} du tiroir :

- $q_p(t) = K_d x_{P2}(t)$.

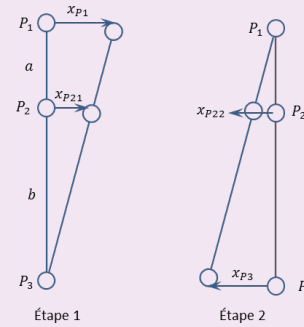
En circulant dans le distributeur, le fluide agit sur les vérins dont la vitesse de déplacement est proportionnelle à leur section :

- $q_p(t) = S \frac{dy_{P5}(t)}{dt}$.

Le vérin permet alors de régler le débit de la pompe en modifiant l'inclinaison α du barillet.

Question 4 Par une étude géométrique, montrer que $\frac{x_{P21}}{x_{P1}} = \frac{b}{a+b}$. Déterminer alors le rapport $\frac{x_{P22}}{x_{P3}}$.

Correction La figure suivante montre les configurations du levier lors des deux étapes.



En faisant l'hypothèse que l'angle de rotation est faible, on peut considérer les triangles formés comme étant rectangles et appliquer le théorème de Thalès :

- $\frac{x_{P21}}{x_{P1}} = \frac{b}{a+b}$;
- $\frac{x_{P22}}{x_{P3}} = \frac{a}{a+b}$.

Question 5 Donner les relations géométriques entre $y_{P5}(t)$ et $\alpha(t)$ puis entre $x_{P3}(t)$ et $\alpha(t)$.

Correction En linéarisant, les déplacements $y_{P5}(t)$ et $x_{P3}(t)$ sont proportionnels à $\alpha(t)$ et aux distances respectives $O_P P_5$ et $O_P P_7$ soient c et d . On a donc $y_{P5}(t) = c\alpha(t)$ et $x_{P3}(t) = d\alpha(t)$.

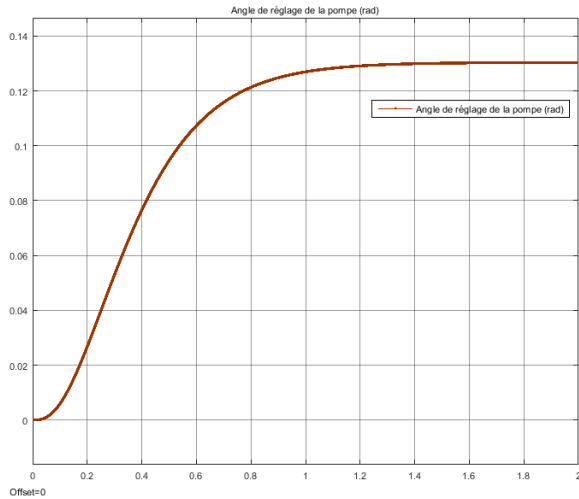
Question 6 Compléter alors le schéma bloc de la figure ** traduisant la relation entre la rotation du moteur $\theta(t)$ et la rotation $\alpha(t)$ du barillet permettant le changement de débit de la pompe.

Correction La came de pas p_p transforme la rotation $\theta(t)$ en déplacement $x_{P1}(t)$. On a donc $P_1(p) = p_p$. On a aussi :

- $Q_P(p) = K_d X_{P2}(p)$ et donc $P_3(p) = K_d$;
- $Q_P(p) = S p Y_{P5}(p)$ et donc $P_4(p) = \frac{1}{Sp}$.

D'après la question précédente, $P_5(p) = \frac{1}{c}$ et $P_6(p) = d$.

Question 7 On donne le résultat de la simulation complète permettant de représenter l'angle de rotation de la pompe en fonction de la commande du joystick. Conclure sur la satisfaction des exigences 1.1.1 et 1.2.1.



Correction La valeur finale n'est pas dépassée, ce qui permet de satisfaire l'exigence 1.1.1.

La mesure du temps de réponse à 5% donne 0,87 s. L'exigence 1.2.1 est satisfaite.

