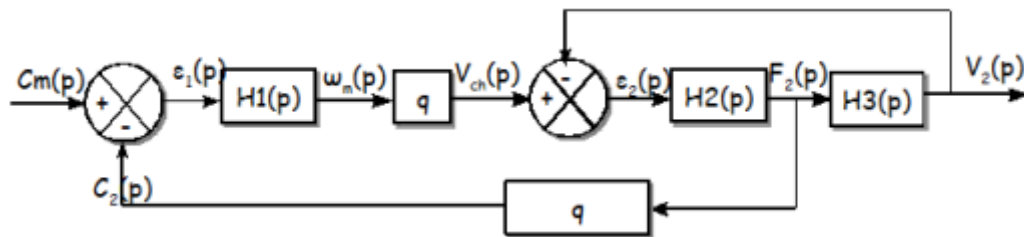


TD 5 Techniques de manipulations des schémas-blocs : Calculs de fonctions de transfert

EXERCICE 1 : MANIPULATIONS DE SCHEMAS-BLOCS

Q1. Appliquer les manipulations de schémas blocs pour obtenir la fonction de transfert $G(p) = \frac{V_2(p)}{C_m(p)}$



Q2. Donner sa forme canonique.

EXERCICE 2 : CONTROLE DU DEVERS DE TGV PAR PENDULATION (CENTRALE SUPELEC MP 2000)

Plus rapide et plus confortable :

La «**PENDULATION**» permet d'augmenter la vitesse sur les lignes classiques sans que les voyageurs ressentent les effets désagréables des accélérations latérales.

Respect de l'environnement : le système de pendulation, en permettant l'augmentation de la vitesse sur les lignes classiques, évite la réalisation de nouvelles infrastructures.

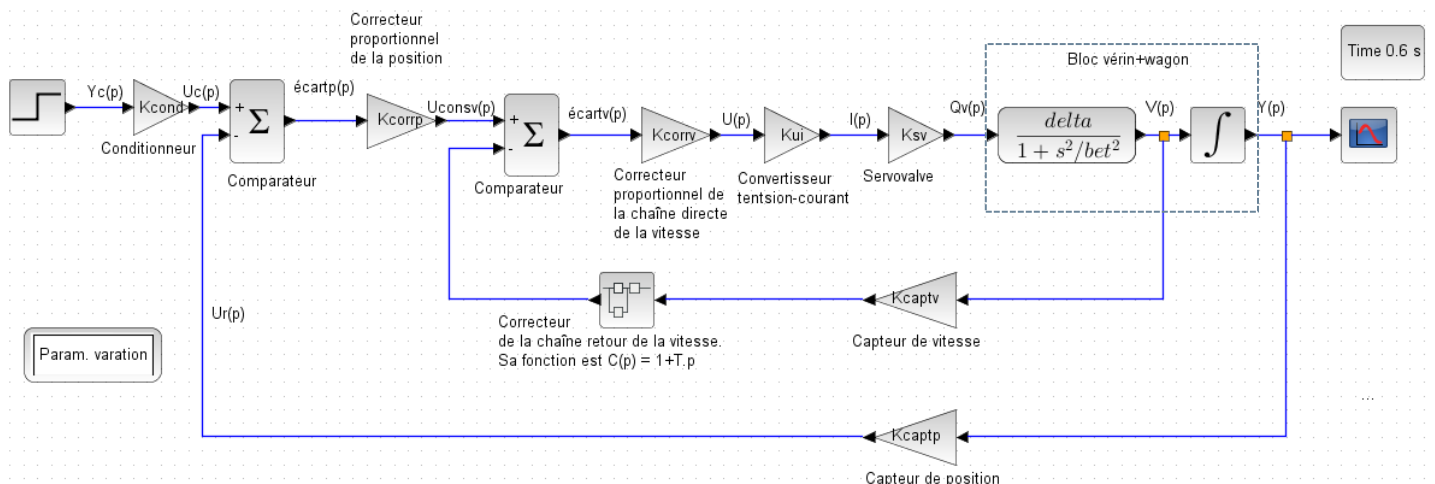
Inclinaison des caisses : $6^\circ 3$

Masse en ordre de marche du wagon : 20 t

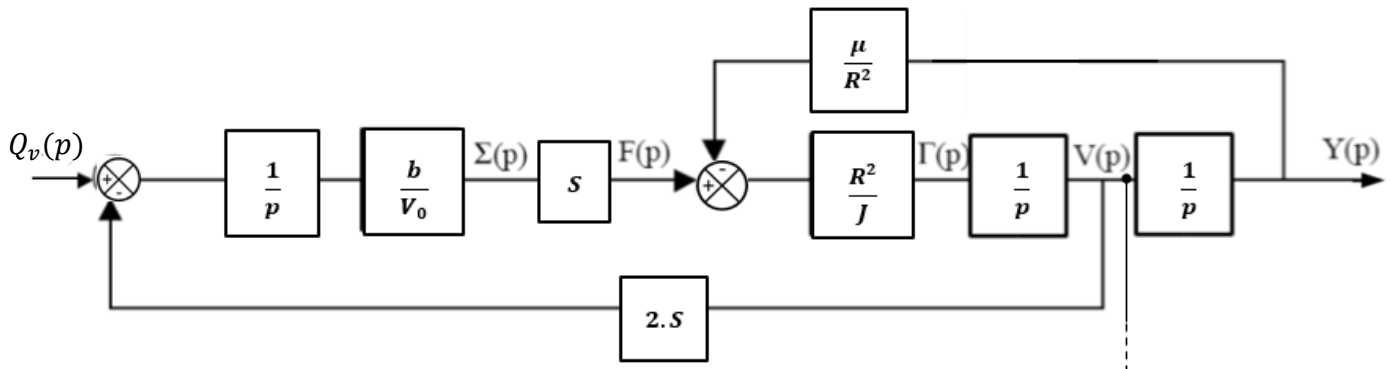


Une première approche de ce système a été vu dans le cours C4. Il est modélisé plus complètement ci-dessous, avec une boucle d'asservissement en vitesse et une autre en position, grâce au module **Xcos** du logiciel **Scilab** qui permet de simuler le fonctionnement et d'en déduire ses performances à partir d'outils d'analyses présents dans Scilab.

Schéma-blocs global :



Dans le cours C4, on a construit le schéma-blocs suivant pour « **Vérin+charge** » :



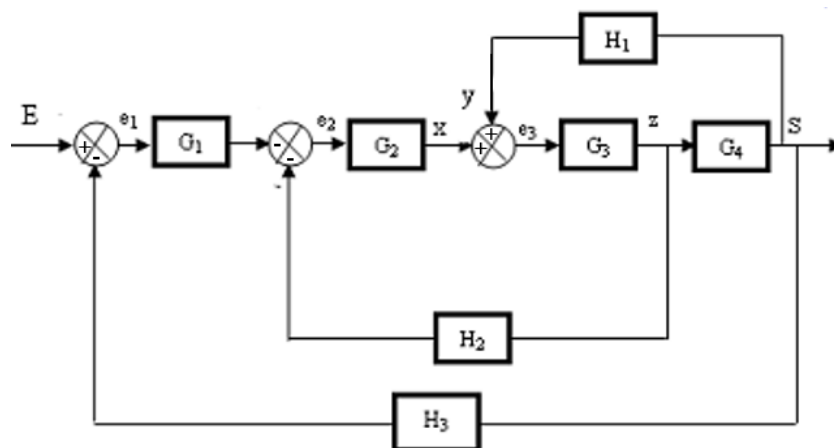
Le comportement du vérin est régi par les lois de la mécanique des fluides, la charge (le wagon en fait) est régie par le Principe fondamental de la dynamique (PFD).

Ce schéma-blocs est inséré dans un schéma-blocs plus vaste.

- Q1. Calculer la fonction de transfert équivalente 1, $H_{eq1}(p) = \frac{V(p)}{Q_v(p)}$. Vous préciserez les modifications à opérer sur le schéma-blocs vérin+charge pour qu'il corresponde à la zone vérin+wagon.
- Q2. Montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme canonique $H_{eq1}(p) = \frac{\delta}{1 + \frac{p^2}{\beta^2}}$. Vous donnerez les expressions de δ et β .
- Q3. Justifier la contrainte $K_{cond} = K_{capt p}$ (qui sera noté K_0 pour la suite).
- Q4. Après avoir placé le gain $K_{cond} = K_0$ après le comparateur et modifié le schéma-blocs en conséquence, calculer la FTBO(p) du schéma-blocs obtenu. Vous l'écrirez sous forme canonique.
- Q5. Calculer sa FTBF.
- Q6. Calculer $\lim_{t \rightarrow +\infty} y(t)$ pour une entrée-test $y_c(t) = y_c \cdot u(t)$ où $u(t)$ est l'échelon unité.

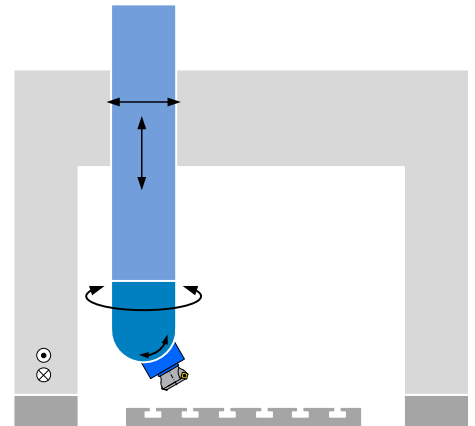
EXERCICE 3 : MANIPULATIONS DE SCHEMAS-BLOCS

- Q1. Appliquer les manipulations de schémas-blocs pour obtenir la fonction de transfert $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$.



EXERCICE 4 : SCHÉMA-BLOC FONCTIONNEL D'UN AXE ASSERVI DE MACHINE OUTIL

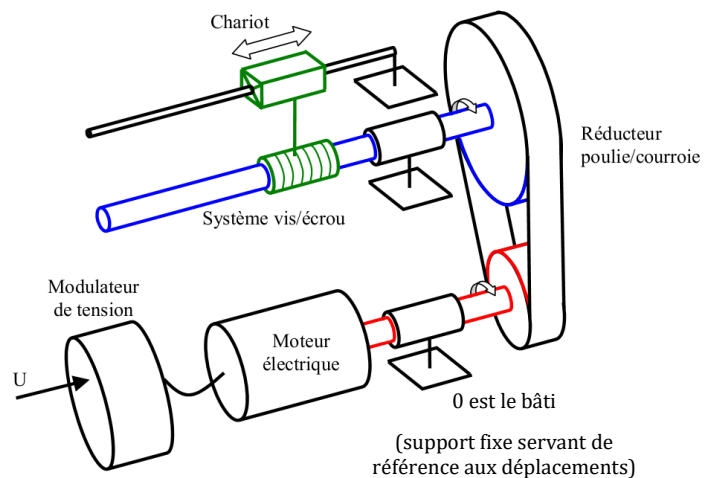
L'étude porte sur un axe linéaire asservi que l'on peut retrouver sur des machines-outils à commande numérique. Par exemple, ce type de transformation de mouvement est présent sur les trois axes en translation de la machine 5 axes dont la structure est représentée ci-contre.



Etude en boucle ouverte :

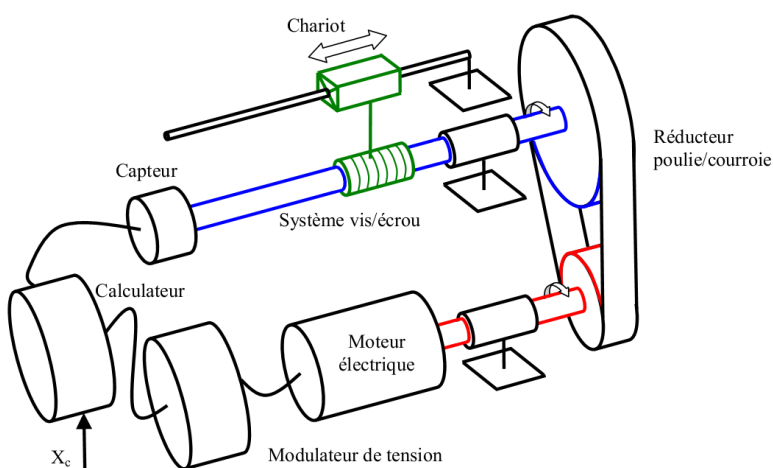
Le signal de commande U du modulateur de tension de gain pur K_M engendre l'alimentation U_{mot} du moteur électrique de fonction de transfert $H_{mot}(p)$ dont l'arbre tourne à la vitesse $\omega_{mot/0}$ et entraîne alors un réducteur de vitesse de gain pur K_{pc} constitué de deux poulies et d'une courroie.

La rotation de la vis $\omega_{vis/0}$, liée à la grande poulie, entraîne la translation de l'écrou (pas noté Pas) et donc du chariot. On note $X_{ch/0}$ cette translation.



Q1. Après avoir identifié l'entrée et la sortie de ce système, tracer son schéma-bloc fonctionnel et définir les données de sortie de chaque bloc.

Etude en boucle fermée :



On rajoute au système précédent un capteur et un calculateur. Le capteur, de gain pur K_{capt} , mesure l'angle $\theta_{vis/0}$ de rotation de la vis et en informe le calculateur avec la tension de mesure U_m . X_c étant la consigne de position du chariot par rapport au bâti, le calculateur compare cette mesure avec la tension de consigne $U_c = K \cdot X_c$ et élabore le signal de commande corrigé en tension U_{cor} , fonction de la différence $U_c - U_m$, vers le modulateur. La fonction de transfert du correcteur est notée $C(p)$.

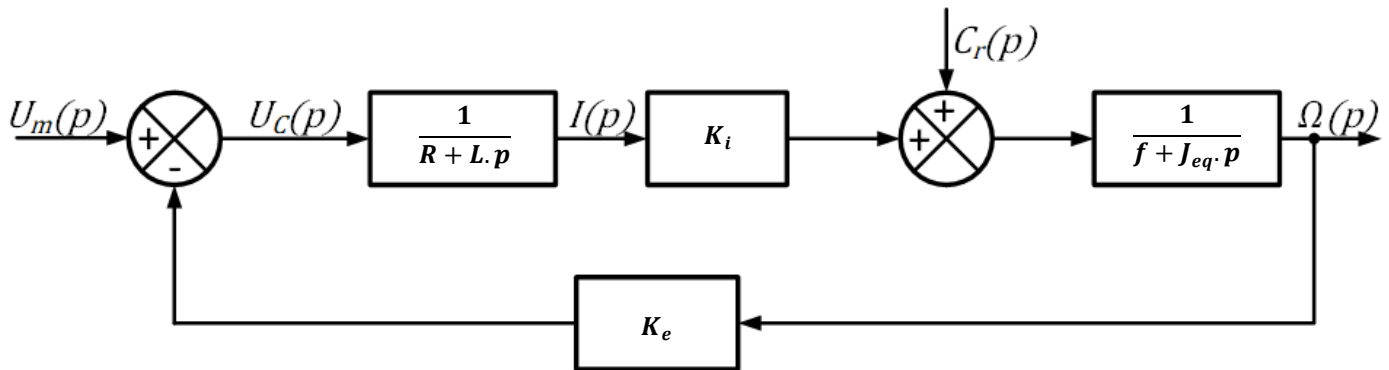
Q2. A partir de ces informations et de la structure générique d'un asservissement, tracer

le nouveau schéma-bloc fonctionnel de ce système et définir les données de sortie de chaque bloc.

Q3. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF(p) = \frac{X_{ch/0}(p)}{X_c(p)}$.

EXERCICE 5 : SUPERPOSITION MCC (CLASSIQUE EN CONCOURS)

Le schéma-blocs d'un moteur à courant continu MCC, vu au cours TD 4, est :



Q1. Montrer par superposition que $\Omega_m(p)$ s'écrit :

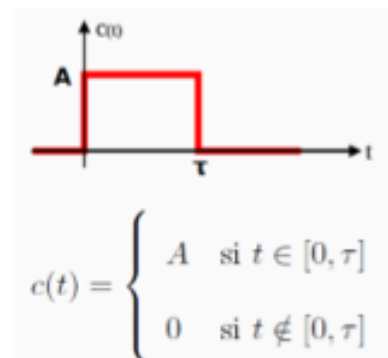
$$\Omega_m(p) = \frac{K_i}{(R + L.p) \cdot (f + J_{eq}.p) + K_i.K_e} \cdot U_m(p) + \frac{R + L.p}{(R + L.p) \cdot (f + J_{eq}.p) + K_i.K_e} \cdot C_r(p)$$

Q2. On alimente ce moteur avec une tension $u_m(t)$ en échelon d'amplitude U_0 . Par ailleurs, la charge (c'est le couple résistant $c_{r(t)}$ composé par les frottements et l'inertie du récepteur) est modélisée par un échelon d'amplitude C_{r0} . Donner les transformées de Laplace de ces deux entrées.

Q3. Calculer la limite $\lim_{t \rightarrow +\infty} \omega_m(t)$ pour les deux entrées précédentes.

EXERCICE 6 : DIVERS

La fonction créneau dessinée ci-contre peut être exprimée mathématiquement avec des échelons unitaires.



Q1. Déterminer l'expression temporelle du créneau $c(t)$ puis sa transformée de Laplace $C(p)$.

Q2. Qu'est-ce qu'un SLCI ?

Q3. Citer les 4 exigences classiques qui lui sont associées.

Q4. Tracer les structures de Black et les formules associées pour des sommateurs $(+,-)$; $(+,+)$; $(-,-)$ et $(-,+)$.

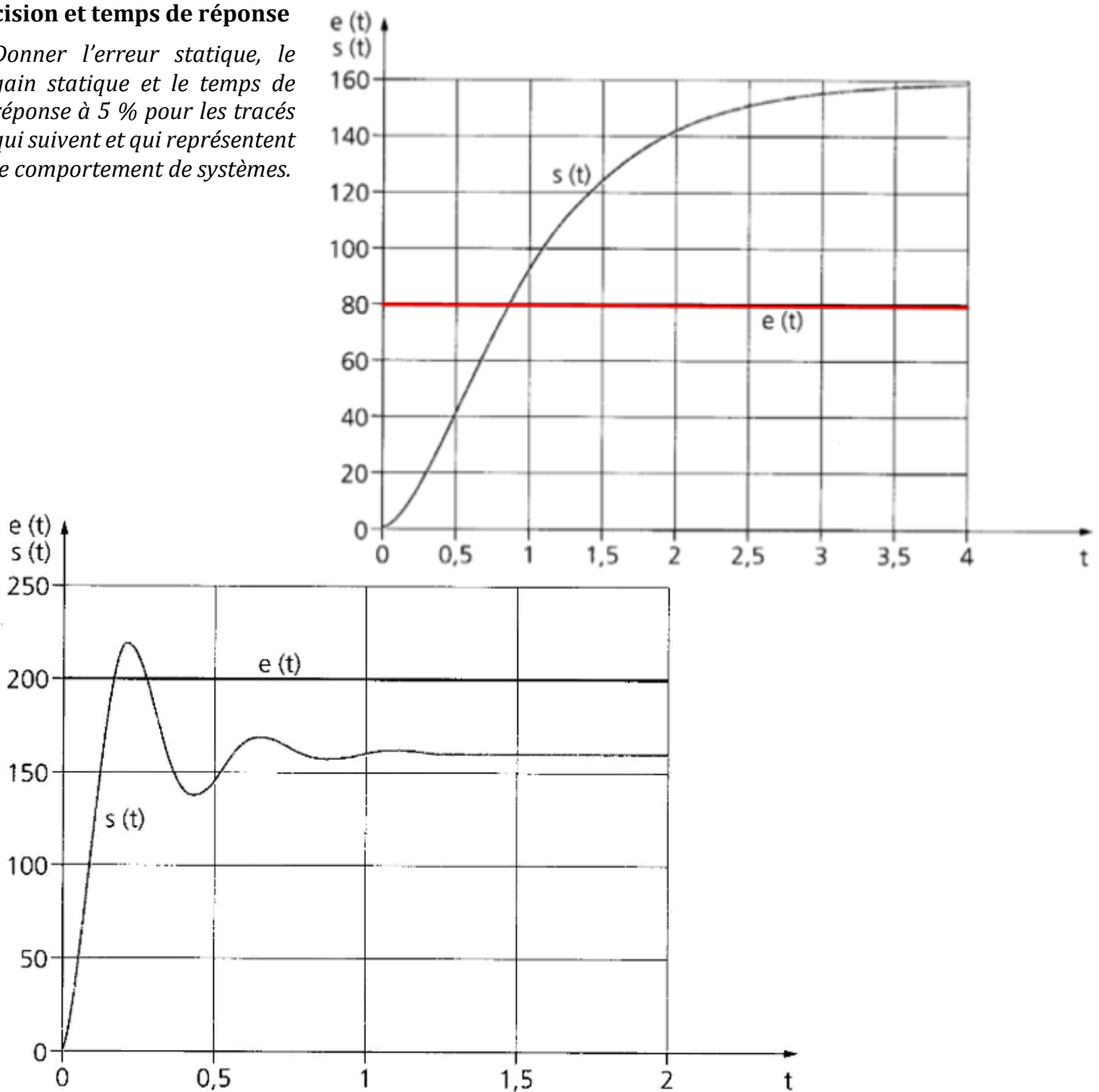
Q5. Appliquer les 4 théorèmes classiques à la fonction $f(t) = \left(-\frac{1}{2} \cdot t^2 + 12\right) \cdot u(t)$. (retard et amortissement de votre choix).

Q6. Calculer la limite à l'infini de la dérivée temporelle de f .

Q7. Démontrer l'expression de la transformée de Laplace de la fonction $f(t) = \sin(\omega \cdot t) \cdot u(t)$

Précision et temps de réponse

Q8. Donner l'erreur statique, le gain statique et le temps de réponse à 5 % pour les tracés qui suivent et qui représentent le comportement de systèmes.



EXERCICE 7 : FORME CANONIQUE

Q9. Donner la forme canonique des fonctions de transfert ci-dessous et identifier leurs gains statiques, ordres et classes.

$$H_1(p) = \frac{10}{(1 + 0,5p) \cdot (1 + 0,25p)}$$

$$H_2(p) = \frac{5(4 + p)}{p(2 \cdot p + p)}$$

$$H_3(p) = \frac{1000 \cdot (2 + 10p)}{100 + 8p + p^2}$$

$$H_4(p) = \frac{58,2 \cdot \left(p + \frac{1,1}{p}\right)}{p \cdot (p + 4) \cdot (p + 8)}$$