TD2 : Chariot filoguidé

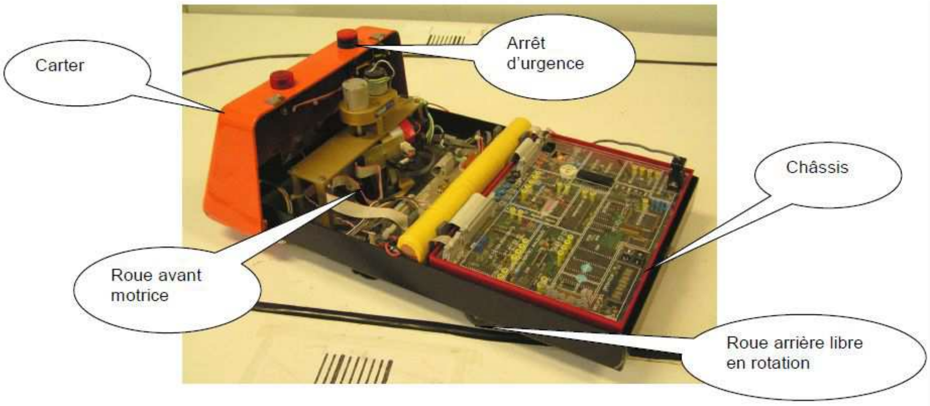
1- Présentation

Mise en situation

Le chariot filoguidé est utilisé dans le domaine de la transitique (mouvement de marchandises sans conducteur humain). Il suit le champ magnétique d'un fil parcouru par un courant, et se déplace de poste de travail en poste de travail suivant les ordres qu'il reçoit. Il est constitué d'un châssis en aluminium et d'un carter en matière plastique. Il se déplace au moyen de trois roues: deux roues libres en rotation situées à l'arrière, et une roue motrice et directrice située à l'avant.

Pour suivre le champ magnétique du fil, il faut :

- ☞ contrôler l'avancement du chariot (asservissement en vitesse de la roue motrice)
- ☞ contrôler la trajectoire de la roue (asservissement en orientation de la roue motrice).



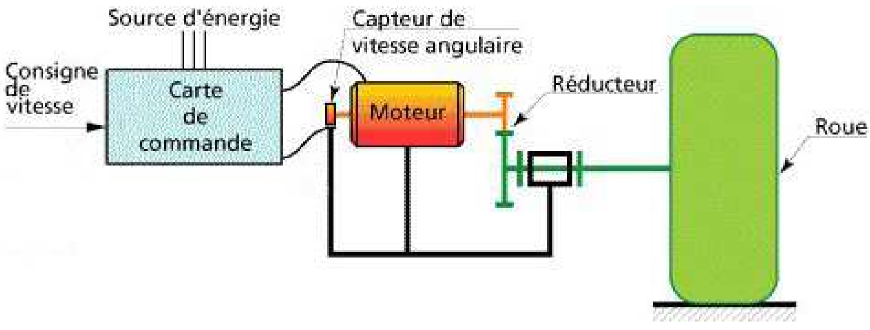
Le groupe de motorisation est constitué d'un moteur électrique à courant continu associé à un réducteur qui entraine la roue motrice avant.

Présentation du système d'asservissement en vitesse du chariot

La carte de commande de l'asservissement en vitesse de la roue motrice reçoit une consigne de vitesse $v_C(t)$ qui est transformée en tension de consigne $u_C(t)$ par un adaptateur qui est un gain pur. Cette tension $u_C(t)$ est comparée à la tension $u_m(t)$ image de la vitesse de rotation de l'arbre moteur $\omega_m(p)$. Le capteur tachymétrique délivrant cette tension $u_m(t)$ est un gain pur $K_T = 6.10^{-3}$ V.s.rad^{-1}.

Puis l'écart $\varepsilon(t)$ entre ces deux tensions est corrigé par un correcteur pour obtenir une tension u(t) qui alimente le moteur de cet asservissement.

La fonction de transfert du correcteur est notée C(p).



Le moteur dont l'arbre tourne à la vitesse $\omega_m(t)$ entraine, via un réducteur à engrenages de rapport de transmission $K_R = 4{,}875.10^{-3}$, la roue motrice dont le rayon est de 40 mm. Cette roue roulant sans glisser sur le sol, le mouvement de rotation de la roue à la vitesse $\omega_R(t)$ est transformé en mouvement de translation du chariot à la vitesse v(t).

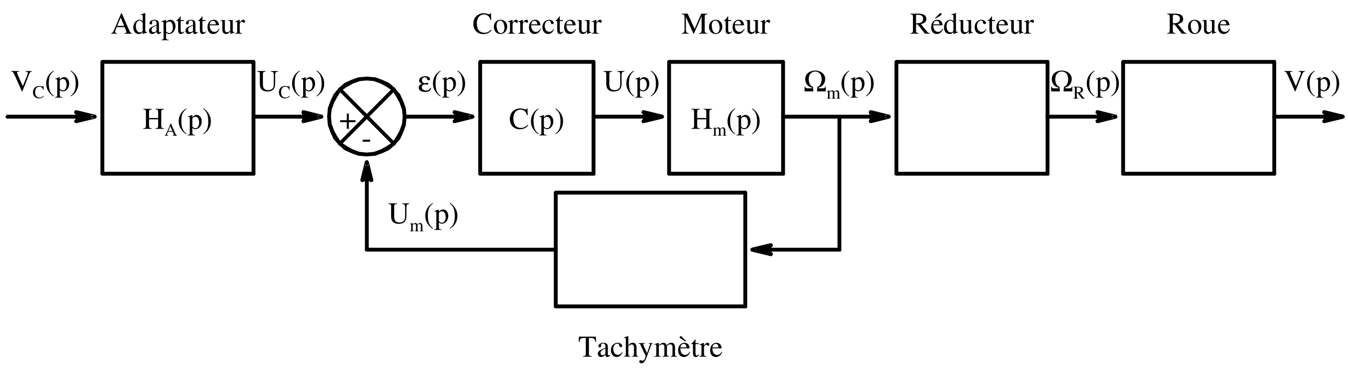
Objectif de l'exercice

L'objectif est d'étudier les performances du système avec d'une part un correcteur proportionnel et d'autre part avec un correcteur proportionnel intégral.

Travail demandé

1- Schéma bloc

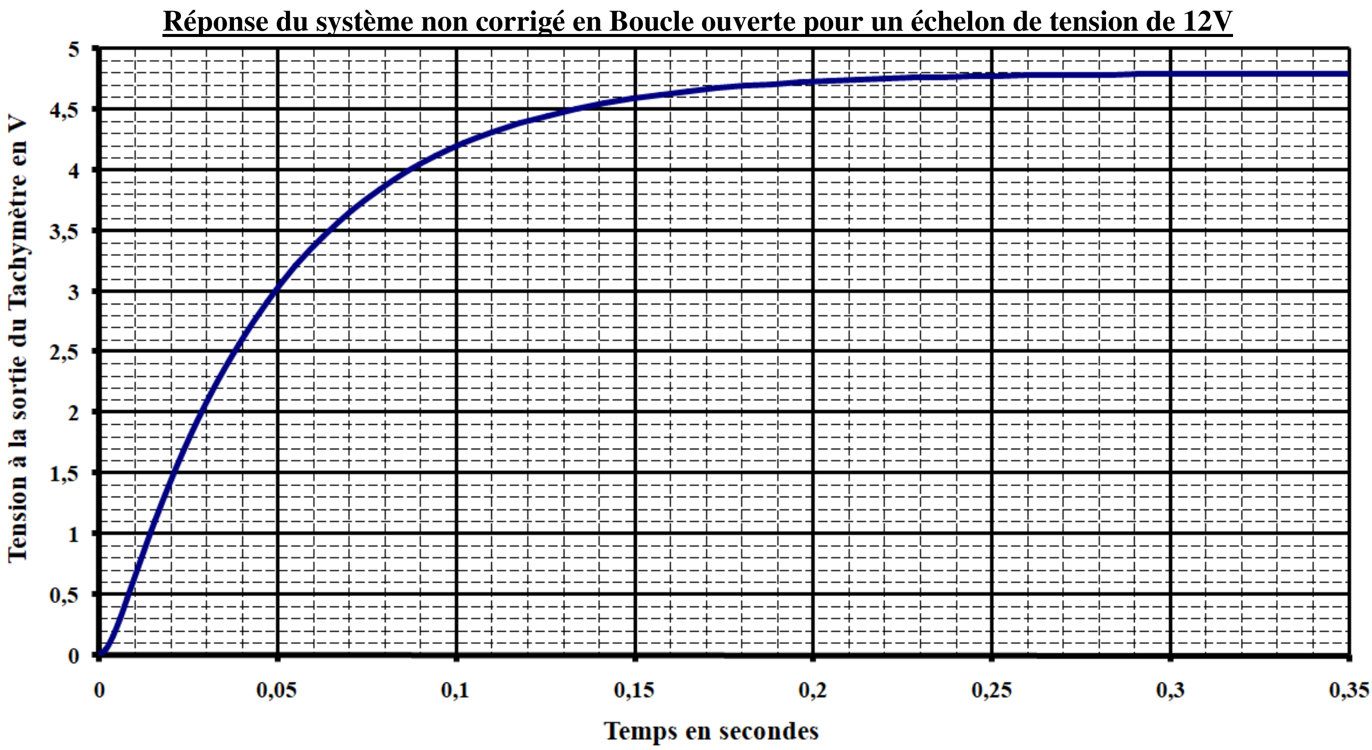
1.1- Compléter le schéma bloc ci-dessous en mettant les valeurs numériques (dans les unitées SI) des gains du réducteur, de la roue et du tachymètre.



1.2- La fonction de transfert de l'adaptateur est un gain pur K_A : $H_A(p) = K_A$ où K_A est une constante. Déterminer la valeur de K_A pour avoir un fonctionnement normal : c'est-à-dire pour que l'écart ε(t) soit nul lorsque la réponse est égale à la consigne : ε(t) = 0 pour $v(t) = v_C(t)$.

2- Détermination de la fonction de transfert du moteur

Afin de déterminer la fonction de transfert de transfert du moteur on effectue un essai dans les conditions suivantes : Alors que le chariot est au sol en ligne droite on alimente le moteur avec un échelon de tension de u(t) = 12V. Puis on relève l'évolution de la tension issue du tachymètre : $U_m(p)$. On obtient alors le résultat ci-dessous :

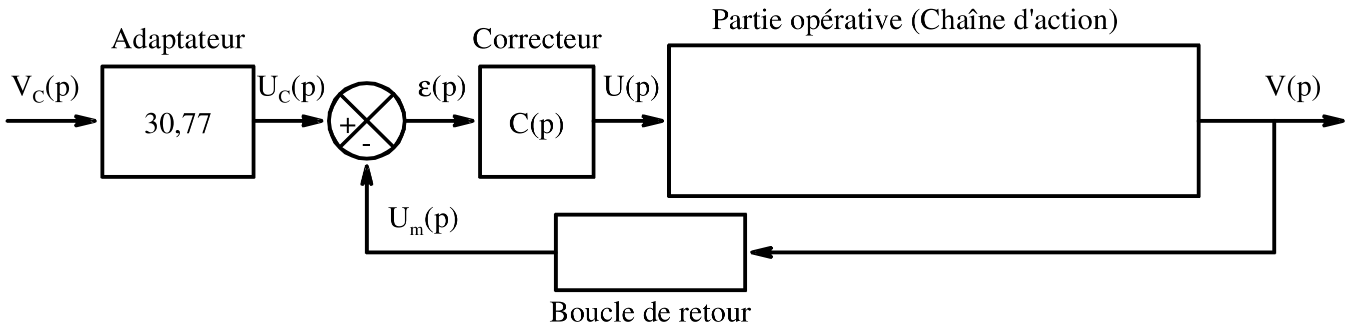


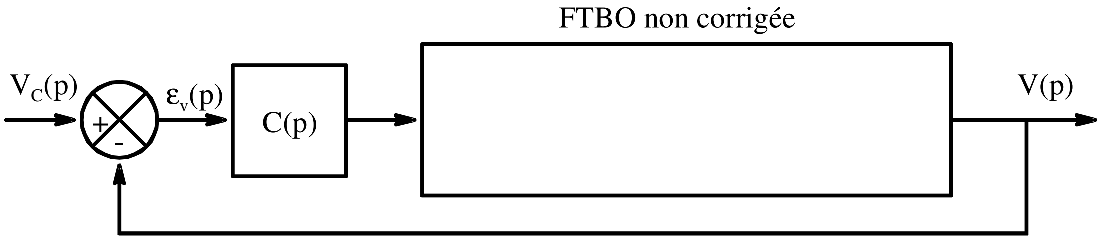
2.1- Déterminer l'expression numérique en fonction de p, de la fonction de transfert de l'ensemble moteur-tachymètre $H_{Exp}(p) = \dfrac{U_m(p)}{U(p)}$

2.2- En déduire la fonction de transfert du moteur à courant continu : $H_m(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{U(p)}$

3- Simplification de la modélisation

Compléter les 2 schémas bloc ci-dessous qui sont équivalent au schéma bloc précédent.



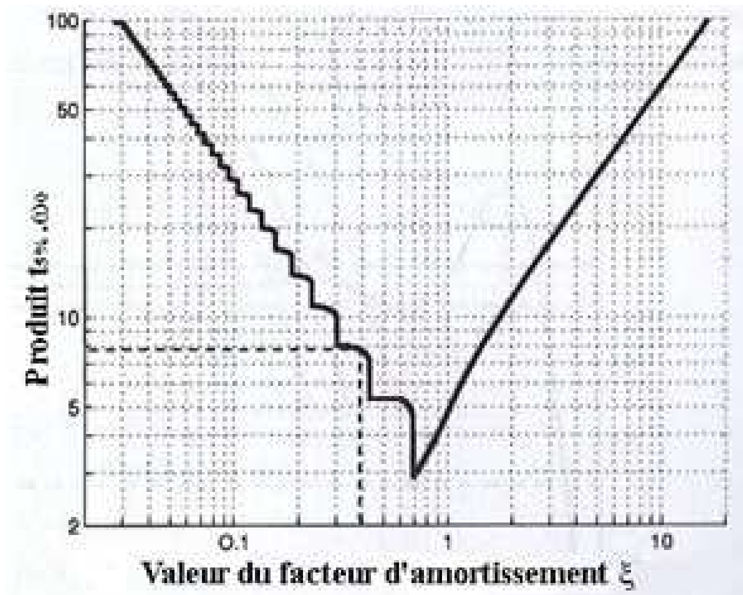


4- Performances du système avec un correcteur proportionnel

Dans cette partie on suppose que le correcteur est un gain pur : $C(p) = K_P$ où $K_P = C^{te}$.

4.1- Déterminer l'expression sous sa forme canonique de la FTBF (Fonction de Transfert en Boucle Fermée) de l'asservissement : $H_{BF1}(p) = \dfrac{V(p)}{V_C(p)}$.

4.2- Déterminer la valeur de K_P permettant un temps de réponse minimal. En vous aidant de l'abaque ci-dessous déterminer ce temps de réponse à 5%.



4.3- Déterminer la condition sur le gain K_P permettant d'obtenir une réponse à un échelon de consigne sans dépassement de la valeur finale. En déduire dans ce cas le temps de réponse à 5%.

4.4- Déterminer la condition sur le gain K_P permettant d'obtenir une réponse à un échelon de consigne avec une erreur indicielle inférieure à 5%.

4.5- Conclure sur la correction du système avec un correcteur proportionnel.

5- Performances du système avec un correcteur proportionnel intégral

On suppose maintenant que le correcteur est un correcteur proportionnel intégral (PI).

Ce correcteur à deux constantes le gain proportionnelle K_P et le gain intégrale K_I.

On a alors : $\mathbf{C(p) = K_P + \frac{K_I}{p}}$.

5.1- Déterminer l'expression de la fonction de transfert de ce correcteur sous sa forme canonique : $C(p) = K_C.\frac{1 + \tau_C.p}{p}$ et donner K_C et τ_C en fonction de K_P et K_I.

5.2- On choisit la constante de temps τ_C de ce correcteur de manière à ce qu'elle compense la plus grande constante de temps de la FTBO non corrigée. Donner dans ce cas la valeur de τ_C , puis déterminer l'expression numérique de la FTBO corrigée : $H_{B0}(p) = \frac{V(p)}{\varepsilon_V(p)}$ et enfin calculer l'expression numérique en fonction de K_C de la FTBF : $H_{BF2}(p) = \frac{V(p)}{V_C(p)}$.

5.3- Déterminer la valeur du gain K_C permettant la réponse la plus rapide sans dépassement de la valeur finale. En déduire pour cette valeur de K_C, le temps de réponse à 5%, l'erreur statique, ainsi que les gains du correcteur : proportionnelle K_P et intégrale K_I.

5.4- Conclure dans ce cas sur les performances de l'asservissement : Rapidité, Stabilité et Précision.