

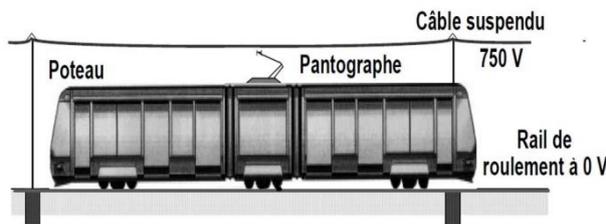
**TD2 : Correcteur proportionnel intégral PI**

**Étude de l'asservissement de vitesse du tramway (Extrait CNC 2019)**

**Présentation du système**

Le tramway est une forme de transport en commun urbain ou interurbain à roues en acier circulant sur des voies ferrées équipées de rails plats, et qui est implanté en site propre ou encastré à l'aide de rails à gorge dans la voirie routière. Ci-dessous.

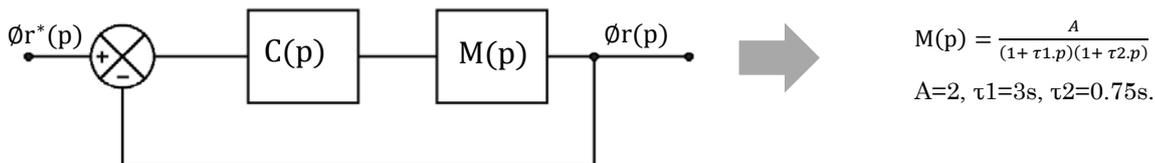
Chaque rame du tramway comporte douze moteurs asynchrones entraînant douze roues motrices réparties sur trois bogies. Ces moteurs de traction sont alimentés par l'intermédiaire d'onduleurs de tension à partir d'un réseau 750 V continu via un câble suspendu, la connexion au câble se fait par l'intermédiaire d'un pantographe, le retour du courant se fait par les rails de roulement à 0 V.



Chaque moteur de traction est alimenté par l'intermédiaire d'un onduleur de tension à partir du réseau 750 V continu. La vitesse de synchronisme et donc la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone dépendent de la fréquence. L'onduleur autonome est le convertisseur statique qui va nous permettre de faire varier cette vitesse.

Le but de cette étude est de réguler la vitesse des divers moteurs asynchrones en utilisant la commande vectorielle. Cette méthode consiste à imposer une similitude entre la machine asynchrone à cage et la machine à courant continu, où le découplage entre le couple et le flux permet de les contrôler séparément.

Le schéma bloc suivant représente le modèle adopté pour la commande du flux.



**Q.1.** Avec un correcteur  $C(p) = K$  (correcteur proportionnel), déterminer la classe de la fonction de transfert en BO  $H(p)$ , calculer l'erreur statique et conclure sur la valeur de  $K$  qui permet d'annuler cette erreur statique.

Désormais on opte pour un correcteur proportionnel intégral dont la fonction de transfert est :  $C(p) = Kp \frac{1 + T_i p}{T_i p}$

**Q.2.** Déterminer l'expression de la Fonction de Transfert en Boucle Ouverte  $H(p)$ .

**Q.3.** Calculer la valeur de l'erreur statique  $\epsilon_s$ , justifier votre réponse.

**Q.4.** Nous souhaitons obtenir en boucle fermée une réponse de type 2nd ordre.

On prendra par la suite  $A=2, \tau_1=3s, \tau_2=0.75s$ .

A. Donner la valeur de  $T_i$  qui permet d'optimiser le temps de réponse.

B. En déduire la nouvelle expression  $F^{TBO1}(p)$ .

C. Déterminer la marge de gain  $MG$ , et donner la valeur de  $K_i$  pour avoir une marge de phase  $M\Phi=40^\circ$ .

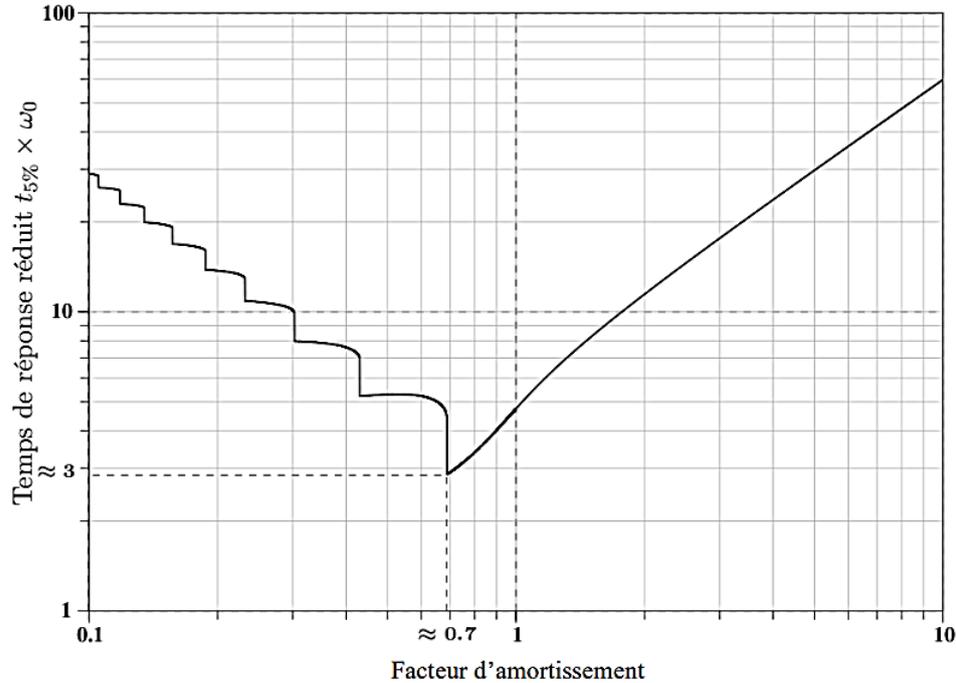
**Q.5.** Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée  $F^{TBF}(p)$  et la mettre sous la forme :

$$F(p) = \frac{G_F}{1 + \frac{2m}{\omega_n} p + \frac{1}{\omega_n^2} p^2}$$

- Q.6. Donner les expressions du gain  $k$ , de la pulsation propre  $\omega_n$  et le coefficient d'amortissement  $m$ , déduire leurs valeurs numériques.
- Q.7. À partir des abaques de l'Annexe, déterminer la valeur du temps de réponse  $t_{r5\%}$  du système bouclé et la valeur du premier dépassement  $D1\%$ .

### Annexe : Abaques

#### ❖ Temps de réponse à 5%



#### ❖ Dépassement indiciel

