

TD2 : Contrôle de vitesse d'un Tramway

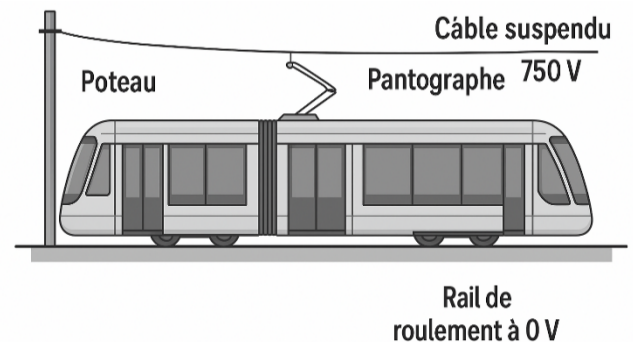
I. Présentation

Le tramway est un moyen de transport collectif urbain ou interurbain circulant sur des rails en acier posés sur des voies ferrées planes. Il peut être installé en site propre ou intégré à la chaussée grâce à des rails à gorge encastrés dans la voirie. Chaque rame est équipée de douze **moteurs asynchrones** entraînant douze roues motrices réparties sur trois bogies. L'alimentation des moteurs s'effectue via des onduleurs de tension, à partir d'un réseau continu de **750 V**. Le courant est transmis par un pantographe relié à un câble aérien, tandis que le retour du courant s'effectue par les rails mis à la masse (**0 V**).



Chaque moteur de traction est alimenté individuellement par un onduleur de tension, à partir du réseau continu de **750 V**. La vitesse de synchronisme — et donc la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone — dépend directement de la fréquence du courant d'alimentation.

L'onduleur autonome, en tant que convertisseur statique, permet ainsi de faire varier cette fréquence et, par conséquent, de réguler la vitesse du moteur.



II. Étude de la motorisation du tramway

Les moteurs de traction sont de type asynchrone triphasé à rotor à cage dont les enroulements statoriques sont couplés en étoile. Caractéristiques nominales du moteur :

U_n	f_n	I_n	$\cos(\varphi_n)$	N_s	N_n
585 V	88 Hz	35,4 A	0,732	2640 tr/min	2610 tr/min

Avec :

- U_n : Tension nominale entre phases
- f_n : Fréquence statorique nominale
- I_n : Intensité nominale du courant statorique
- $\cos(\varphi_n)$: Facteur de puissance nominal
- N_s : Fréquence nominale de synchronisme
- N_n : Fréquence nominale de rotation du rotor

Hypothèses :

- Les résistances et les inductances de fuites statoriques sont négligées ;
- Les pertes dans le fer sont négligées ;
- Les pertes mécaniques sont négligées.

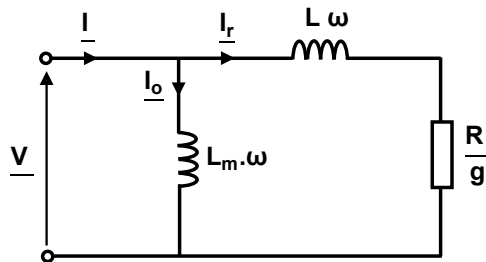
A. Étude du fonctionnement nominal du moteur

- **Question 1** : Exprimer puis calculer le glissement nominal g .
- **Question 2** : Exprimer puis calculer la puissance absorbée par la machine P_a . Que vaut alors la valeur de la puissance électromagnétique P_{tr} (puissance transmise au rotor)
- **Question 3** : Dédire la valeur du couple électromagnétique C_{em} .

- **Question 4 :** Exprimer puis calculer les pertes par effet Joule rotoriques P_{jr} en fonction de P_{tr} .
- **Question 5 :** Calculer la puissance utile développée par le moteur P_u .

B. Expression simplifiée du moment du couple électromagnétique

Pour chaque phase du moteur, on adopte le modèle équivalent monophasé simplifié de la figure suivante :



- L_m : Inductance de magnétisation
- R : Inductance rotorique ramenée au stator
- L : Inductance de fuite rotorique ramenée au stator
- g : Le glissement
- V : La tension simple aux bornes d'une phase statorique

Figure 1 : Modèle électrique monophasé d'une MAS

On donne : $L_m = 26.6 \text{ mH}$, $L = 2.38 \text{ mH}$, $R = 0.147 \Omega$.

- **Question 6 :** Calculer le courant efficace I_o
- **Question 7 :** Exprimer la valeur efficace I_r en fonction de V , $L\omega$, R et g .

Dans la suite du problème, on considère que le moteur travaille à glissement faible

- **Question 8 :** Que devient l'expression de la valeur efficace I_r développée dans la question précédente ?
- **Question 9 :** Exprimer la puissance transmise au rotor P_{tr} en fonction de I_r et de R/g .
- **Question 10 :** Montrer que le moment du couple électromagnétique peut s'écrire sous la forme : $C = K \cdot g$.

En déduire l'expression K en fonction de la tension efficace V_n , R et Ω_s .

Calculer la valeur numérique de K .

C. Fonctionnement en traction (en charge)

On envisage le cas où le moteur développe un couple électromagnétique $C_r = 170 \text{ N.m}$. On supposera le glissement faible et que Le courant magnétisant $I_o = 23 \text{ A}$.

- **Question 11 :** En appliquant le principe fondamental de la dynamique en régime permanent. Déduire la valeur de couple moteur C_{em} .
- **Question 12 :** Déterminer la valeur du glissement correspondant au fonctionnement en charge.
- **Question 13 :** En déduire la valeur de la fréquence de rotation du rotor N .
- **Question 14 :** Déterminer la valeur de I_r .

On note φ_r le déphase de I_r par rapport à la tension simple V prise comme référence des phases.

- **Question 15 :** Exprimer $\tan(\varphi)$ en fonction de $L\omega$ et de R/g .

Source : concours CNC TSI 2019, épreuve de génie électrique : <https://autocpge.info/Page-concours/Concours%20CNC/sujet-cnc/CNC-SI-TSI-GE-2019.pdf>