

CI 2 – SLCI

CHAPITRE 4 – ÉTUDE DES SYSTÈMES DU PREMIER ORDRE

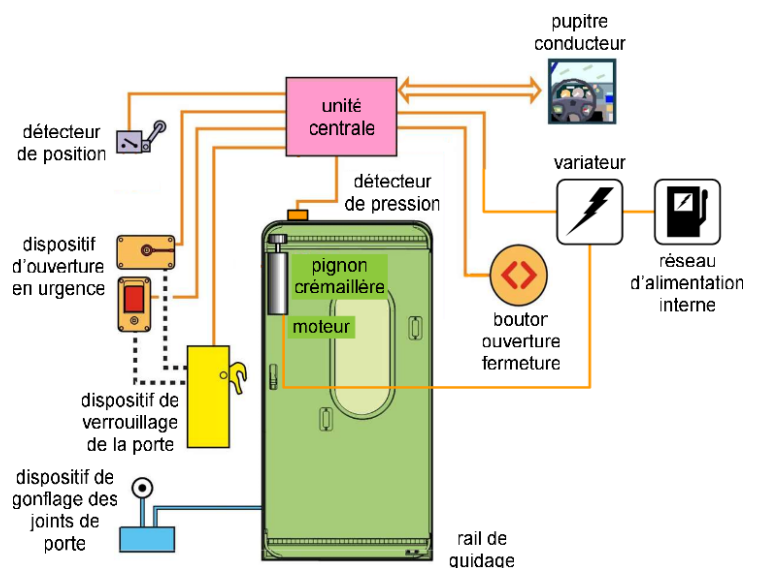
Compétences

Étude des performances du système d'ouverture de porte automatique de TGV

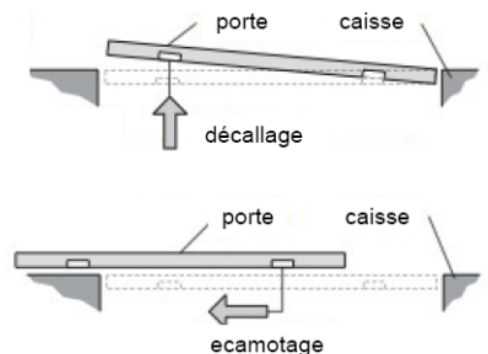
*D'après concours Centrale Supélec – MP – 2008.
Adapté par Florestan Mathurin.*



La figure de droite montre l'interface assurant, à partir des informations délivrées par l'unité centrale de commande, la fermeture hermétique et le verrouillage d'une porte de TGV.



Afin de satisfaire les contraintes d'encombrement, l'ouverture de la porte s'effectue selon l'enchaînement temporel de trois phases distinctes décrites à partir de la position « porte fermée » pour laquelle la face extérieure de la porte est alignée avec la face extérieure de la caisse : une phase de décalage puis une phase de louvoiement et enfin une phase d'escamotage. La phase primaire (décalage) puis la phase terminale (escamotage) sont définies par les figures ci-contre.



Les performances annoncées de la part du constructeur, dans la phase d'escamotage, sont les suivantes :

Critères	Valeur
Accès suffisant du wagon	850 mm
Temps d'ouverture de la porte en phase d'escamotage	$t \leq 4 \text{ s}$
Vitesse d'accostage de la porte en fin de phase d'escamotage	$V \leq 0,09 \text{ m/s}$

Pour ouvrir la porte, on utilise un moteur, dont la rotation est transformée en translation par l'intermédiaire d'un système pignon crémaillère. La translation de la porte est notée $y(t)$. L'angle de rotation du moteur est noté $\theta_m(t)$. Le lien entre $y(t)$ et $\theta_m(t)$ est $y(t) = R \cdot \theta_m(t)$ où R est le rayon du pignon ($R = 37 \text{ mm}$).

On fait l'hypothèse qu'à l'instant initial, correspondant au début de la translation de la porte, la porte est immobile, avec $y(t=0)=0$ et $\theta_m(t=0)=0$ (toutes les autres conditions initiales seront également nulles, par conséquent).

Grâce à une redéfinition du paramétrage et dans un souci de simplification, on considère qu'au cours de cette phase la vitesse angulaire du moteur vérifie $\omega_m(t)=\dot{\theta}_m(t)\geq 0$ et la position de la porte vérifie $y(t)\geq 0$.

On donne le modèle de connaissance du moteur courant continu du système :

$$u_m(t) = e(t) + R \cdot i(t) \quad e(t) = k \cdot \omega_m(t) \quad J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) \quad C_m(t) = k_m \cdot i(t)$$

Avec :

- $u_m(t)$: tension du moteur ;
- $e(t)$: force contre électromotrice du moteur ;
- $i(t)$: intensité dans le moteur ;
- $C_m(t)$: couple exercé par le moteur ;
- $\omega_m(t)$: vitesse angulaire du moteur.

Question 1

Exprimer ces équations dans le domaine de Laplace.

Question 2

Schématiser le schéma-bloc du moteur en s'aidant des équations de la question 1.

Question 3

Montrer que, dans le domaine de Laplace, la relation entre $\Omega_m(p)$ et $U_m(p)$ peut s'écrire sous la forme : $\frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{K}{1+Tp}$ où K et T sont deux constantes à déterminer.

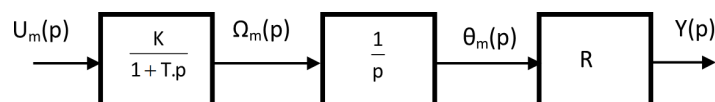
Question 4

Déterminer $\omega_m(t)$ lorsque le moteur est soumis à un échelon de tension d'amplitude u_0 tel que : $u_m(t) = u_0 \cdot u(t)$. Exprimer et justifier le résultat en fonction de K et T .

Question 5

L'application numérique fournit $K = 1,2 \text{ s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$ et $T = 0,16 \text{ s}$. Déterminer le temps de réponse à 5% du moteur.

Le schéma bloc du système peut se mettre sous la forme suivante :



Question 6

Justifier la fonction de transfert entre $\Omega_m(p)$ et $\theta_m(p)$.

Question 7

Déterminer l'expression analytique de $\frac{Y(p)}{U_m(p)}$.

Question 8

Déterminer l'expression analytique de $y(t)$ lorsque le moteur est soumis à un échelon de tension d'amplitude u_0 .

Question 9

Déterminer la valeur numérique du déplacement de la porte au bout de 4s ($u_0 = 5\text{V}$), et conclure quant à la capacité du système à satisfaire le critère d'accès au wagon du cahier des charges.

Question 10

Déterminer la vitesse de la porte à la fin de la translation ($v(t=4\text{s}) = \frac{d}{dt} y(t=4\text{s})$). Conclure quant à la capacité du système à satisfaire le critère de vitesse finale de translation de la porte du cahier des charges.