

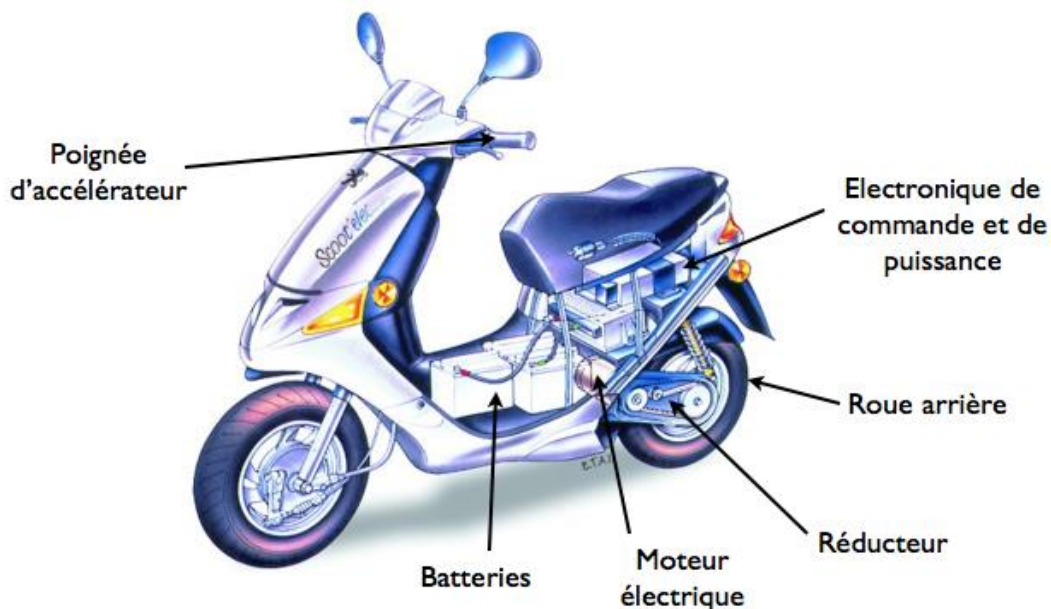
TD 2

Scooter électrique

I) Présentation

Le scoot-élec de Peugeot a les mêmes performances qu'un scooter thermique de moins de 50 cm³. En usage urbain, il offre de nombreux avantages et peu d'inconvénients. Il s'intègre facilement dans le trafic. La puissance progressive de son moteur permet une conduite souple, fluide et sans à-coups. Son entretien est réduit et sa consommation très économique. L'engin, silencieux et propre, est nerveux, véloce, et maniable. Sa vitesse maximale est de 45 km/h et il parcourt le 100 m départ arrêté en 12 secondes. Son constructeur revendique une autonomie de 45 km à pleine vitesse et de 30 km en cycle urbain.

Le schéma de la figure ci-dessous montre les différents éléments du scooter.

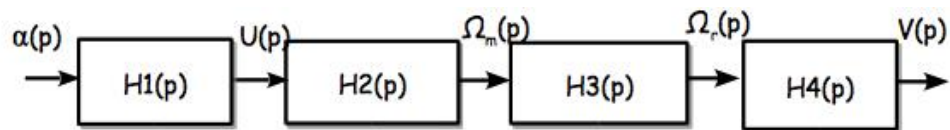


OBJECTIF : L'objectif de ce TD est de valider certaines des performances annoncées par le constructeur.

Question 1 : Réaliser un schéma-blocs fonctionnel du scoot-élec à partir des éléments ci-dessus (tous ne sont pas à utiliser). On mettra en entrée la rotation de la poignée, notée α , et en sortie la vitesse $v(t)$ du scooter.

II) Modélisation

Le scooter est constitué des éléments indiqués dans le schéma-blocs fonctionnel. L'objectif de cette partie est de déterminer un modèle pour le scoot-élec, c'est-à-dire de trouver une fonction de transfert pour tous les constituants. On suppose dans toute la suite que tous les constituants sont des SLCI.



II.1) Electronique de commande et poignée d'accélérateur

L'électronique de commande associée à la poignée accélératrice délivre une tension maximale de 12V pour un angle de consigne de 90°.

Question 2 : La fonction de transfert $H_1(p)$ peut être modélisée par un gain pur, noté K_1 . Le déterminer.

II.2) Roue arrière

Le rayon R_{roue} de la roue en contact avec le sol est de 21 cm.

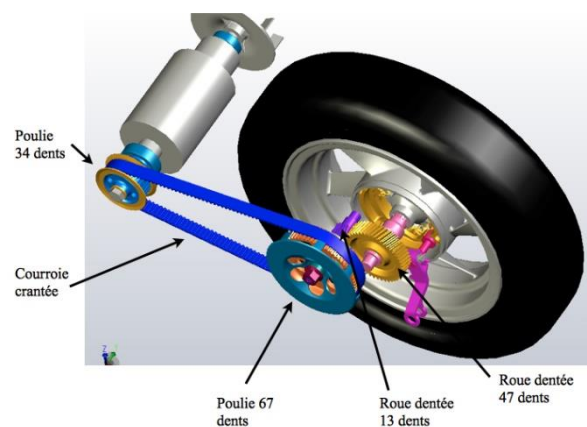
Question 3 : Sachant que celle-ci ne dérape pas, en déduire le rapport $\frac{v(t)}{\omega_r(t)}$, soit la fonction de transfert $H_4(p)$.

II.3) Réducteur

Le réducteur est constitué :

- de poulies, possédant respectivement 67 dents et 34 dents ;
- d'une courroie crantée (analogue à une chaîne), qui permet la transmission de puissance entre ces deux poulies ;
- d'un système d'engrenage constitué de deux roues dentées de 13 et 47 dents.

On a alors une réduction $r_1 = \frac{34}{67}$ pour le système de poulies et une réduction $r_2 = \frac{13}{47}$ pour le système d'engrenage.



Question 4 : Montrer que le rapport de réduction $\frac{\omega_r}{\omega_m}$ est égal à 0.14, avec ω_r vitesse de rotation en rad/s de la roue et ω_m vitesse de rotation de l'arbre moteur en rad/s. Donner alors la fonction de transfert H_3 .

II.4) Moteur à courant continu

Les quatre équations qui caractérisent un moteur à courant continu correspondent de manière générale à :

- équation mécanique :

$$J \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t)$$

- équation électrique :

$$u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

- équations de couplage magnétique :

$$C_m(t) = k_m i(t) \text{ et } e(t) = k_e \omega_m(t)$$

avec $u(t)$ tension d'alimentation du moteur, $i(t)$ courant, $C_m(t)$ couple fourni par le moteur, $\omega_m(t)$ vitesse de rotation du moteur, J , L , R , k constantes caractéristiques du moteur, $C_r(t)$ couple résistant.

On suppose que L et $C_r(t)$ sont négligeables.

Question 5 : Déterminer la fonction de transfert $H_2(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$. Mettre cette expression sous la forme canonique d'un premier ordre et donner ses paramètres caractéristiques K et τ .

Question 6 : Donner la fonction de transfert du système complet $H(p) = \frac{V(p)}{\alpha(p)}$, en fonction de K et τ .

III) Validation de performances

III.1) Détermination des caractéristiques du moteur

On cherche maintenant à déterminer les caractéristiques du moteur à courant continu pour obtenir les performances annoncées par le constructeur.

Question 7 : En utilisant le théorème de la valeur finale, déterminer la valeur de la vitesse en régime permanent V_{\max} lorsqu'on soumet le système à un échelon de 90° (on accélère à fond).

Question 8 : Déterminer la valeur de K nécessaire pour respecter le cahier des charges.

Deux moteurs possédant la valeur de K déterminée précédemment ($35,4 \text{ rad/s/V}$) sont disponibles. Le moteur M1 a une constante de temps $\tau_1 = 3\text{s}$, le moteur M2 a une constante de temps $\tau_1 = 5\text{s}$.

Question 9 : Donner la relation entre $X(p)$ et $V(p)$ et en déduire l'expression de $X(p)$ pour un échelon $\alpha_0 = 90^\circ$ en fonction de K et τ .

Question 10 : Déterminer $x(t)$, la position du scooter.

Question 11 : Choisir le moteur qui permette de respecter le cahier des charges.

Question 12 : Calculer $v(t)$ (réponse à un échelon de 90°) et tracer approximativement la courbe obtenue. Montrer analytiquement que la rapidité du scooter à atteindre la vitesse maximale est donnée par un temps de réponse à 5% égal à environ 3τ .