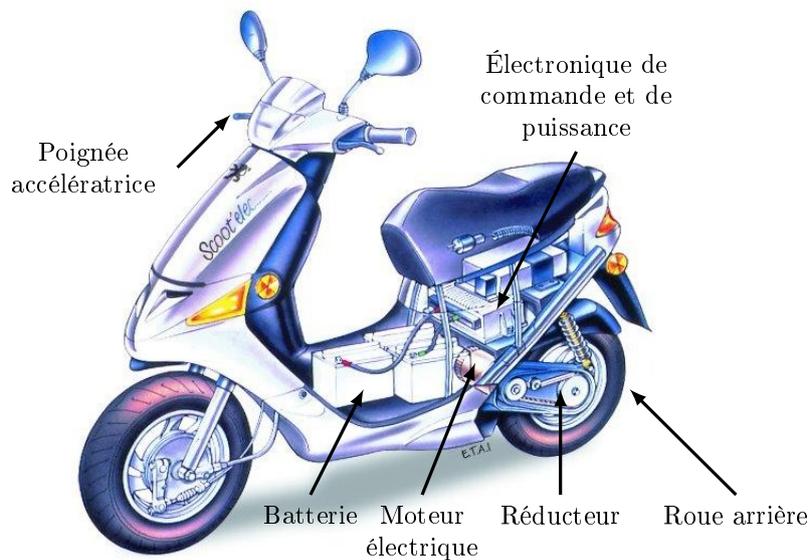


ÉTUDE DU SCOOT-ÉLEC

1 Mise en situation

1.1 Problème technique

Le scooter-élec de *Peugeot* a les mêmes performances qu'un scooter thermique 50 cm^3 . 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 et fluide. Son entretien est réduit et sa consommation très économique. L'engin, silencieux et propre, est nerveux, véloce, et maniable. Le schéma de la figure ci-dessous montre les différents éléments du scooter.



Le cahier des charges partiels de la page suivante spécifie les principales performances annoncées par le constructeur.

Objectif

L'objectif du TD est de justifier le choix de la motorisation vis-à-vis du cahier des charges en utilisant un modèle de connaissance.

Exigence	Critères	Valeurs
Permettre le déplacement du conducteur par rapport à la route	Vitesse	45 km/h
	Accélération	100 m départ arrêté en 12s 10 m départ arrêté en 3,5s
	Pente	17 %
Être adapté au conducteur	Masse transportée	90 kg maximum
	Hauteur de selle	780 mm $\pm 5\%$
Être alimenté en énergie	Autonomie	1 h (vitesse maxi) 1h30 (utilisation urbaine)
	Charge	220 V, 7 A max
	Temps de charge	5 h max
Respecter la réglementation	Vitesse maximale	45 km/h en France
	Nuisance sonore	Aucune
S'adapter à la route	Encombrement	$L \times l \times h = 1740 \times 700 \times 1140$ mm

TABLE 1 – Extrait du recueil des exigences

2 Modélisation du Scoot-élec

2.1 Schéma fonctionnel

La structure de commande du scooter électrique est simple à mettre en place à partir des composants définis sur l'image précédente. On note l'angle de consigne $\alpha(t)$ donné au niveau de la poignée accélératrice et $v(t)$ la vitesse de déplacement du scooter (déplacement en translation). On note $pert(t)$ les perturbations qui peuvent modifier la vitesse du scooter (elles sont ramenées au niveau du moteur).

Question 1 Établir le schéma-bloc fonctionnel du scoot-élec en vous servant des indications précédentes.

2.2 Modélisation des constituants

Pour prévoir le comportement du scooter électrique, il est nécessaire d'élaborer un modèle de connaissance basé sur ce schéma fonctionnel.

2.2.1 Modèle du potentiomètre + électronique de commande et de puissance

L'ensemble délivre une tension maximale de 18 V pour un angle de consigne de 90° avec un comportement linéaire (pour 0° , l'ensemble délivre 0 V).

Question 2 En supposant que $u_m(t) = K_1\alpha(t)$, calculer la valeur numérique du gain K_1 .

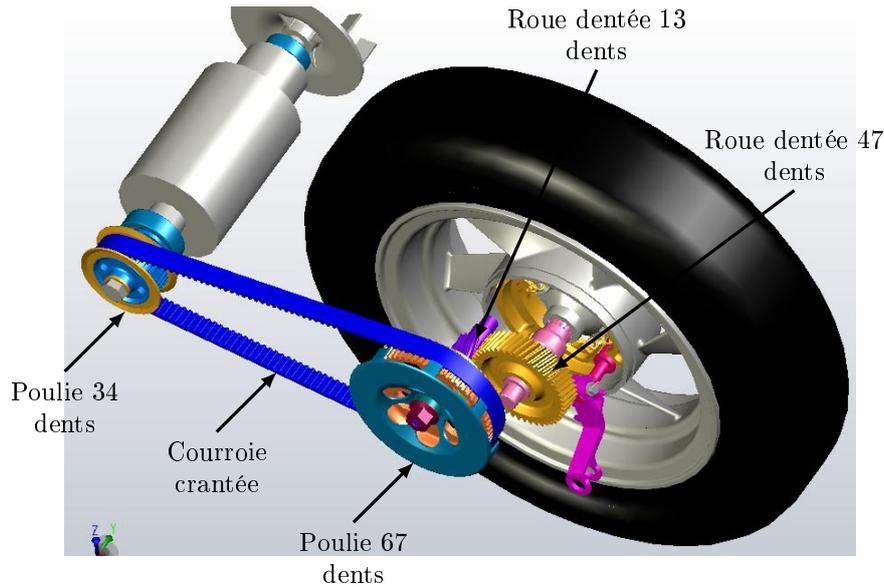
2.3 Modèle du réducteur

Le réducteur est constitué d'un ensemble poulies / courroie et d'un engrenage cylindrique.

Les poulies possèdent respectivement $Z_{p1} = 67$ dents et $Z_m = 34$ dents. Une roue dentée de $Z_{p2} = 13$ dents est solidaire de la poulie intermédiaire (67 dents). La roue dentée de 13 dents engrène avec une roue dentée de $Z_r = 47$ dents solidaire de la roue du scooter.

On note $\omega_m(t)$ la vitesse angulaire du moteur, $\omega_r(t)$ la vitesse angulaire de la roue et $\omega_p(t)$ la vitesse angulaire de la poulie intermédiaire.

Question 3 Déterminer la constante k telle que $\omega_r(t) = k\omega_m(t)$ en fonction de Z_{p1} , Z_{p2} , Z_m et Z_r . Vérifier que $k = 0,14$.



2.4 Modélisation de la roue arrière

Le rayon R_R de la roue en contact avec le sol est de 21 cm.

Question 4 Sachant que celle-ci ne dérape pas, en déduire le rapport $\frac{v(t)}{\omega_r(t)}$.

2.5 Modélisation dynamique

Les 4 équations qui caractérisent un moteur à courant continu sont généralement :

- équation mécanique (th. de l'énergie cinétique appliqué au scooter) : $J_{eq} \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t)$
- équation électrique (modélisation par circuit RL) : $u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$
- équations de couplage magnétique : $C_m(t) = k_c i(t)$ et $e(t) = k_e \omega_m(t)$

avec $u(t)$ tension d'alimentation, $i(t)$ courant, $C_m(t)$ couple fourni par le moteur, $\omega_m(t)$ vitesse de rotation du moteur, J_{eq} , L , R , k_c et k_e constantes caractéristiques du moteur électrique, $C_r(t)$ couple résistant. Le moteur utilisé possède les caractéristiques suivantes :

R	k_e	k_c	L	J_{eq}
$0,02 \Omega$	$0,038 \text{ V.s}$	$0,038 \text{ N.m.A}^{-1}$	$1 \cdot 10^{-5} \text{ H}$	$0,18 \text{ kg.m}^2$

On suppose que $C_r(t) = 0$ et que compte tenu de la valeur de L , on néglige le terme $L \frac{di(t)}{dt}$.

Question 5 Combiner les équations précédentes et les mettre sous la forme d'une équation différentielle du premier ordre. Calculer les valeurs du gain K_m et de la constante de temps τ_m .

Question 6 En combinant les relations obtenues aux différentes questions, montrer que la vitesse $v(t)$ est solution d'une équation différentielle du premier ordre de gain $K = 0,15 \text{ m.s}^{-1}/^\circ$ et de constante de temps $\tau = 2,5 \text{ s}$.

3 Vérification des performances du Scoot-élec

3.1 Vitesse maximale atteinte à plat

On cherche dans un premier temps à vérifier que le moteur retenu permet d'atteindre la vitesse maximale à plat définie dans le cahier des charges. On applique pour cela en entrée un échelon d'angle de 90° (on accélère à fond très rapidement!).

Question 7 Vérifier la performance de vitesse maximale définie dans le cahier des charges. Pour cela, on analysera l'équation différentielle en régime permanent (ou établi).

3.2 Critère d'accélération

On suppose que la vitesse du scooter est constante et égale à la vitesse maximale définie dans le cahier des charges.

Question 8 Tracer l'évolution de la position du scooter au cours du temps. En combien de temps atteint-on les 100 m ? Le cahier des charges est-il respecté ?

Cependant, le calcul précédent est réalisé en supposant que la vitesse est constante, or compte-tenu de l'équation vérifiée par la vitesse, elle ne l'est pas.

Question 9 Tracer l'évolution de la vitesse en fonction du temps pour une consigne d'angle de 90° . En combien de temps peut-on considérer que la vitesse maximale est atteinte à 5% près ?

Question 10 Conclure sur l'hypothèse de vitesse constante. Quelles autres hypothèses du modèle mis en place doit-on remettre en cause pour se rapprocher de la réalité.



Remarque

les développements que l'on fera en SI permettront d'affiner les modèles et ainsi justifier au mieux le cahier des charges.