

## Scooter électrique

### 1.Présentation

Le scoot-élec de Peugeot a les mêmes performances qu'un scooter thermique de moins de 50cm<sup>3</sup>.

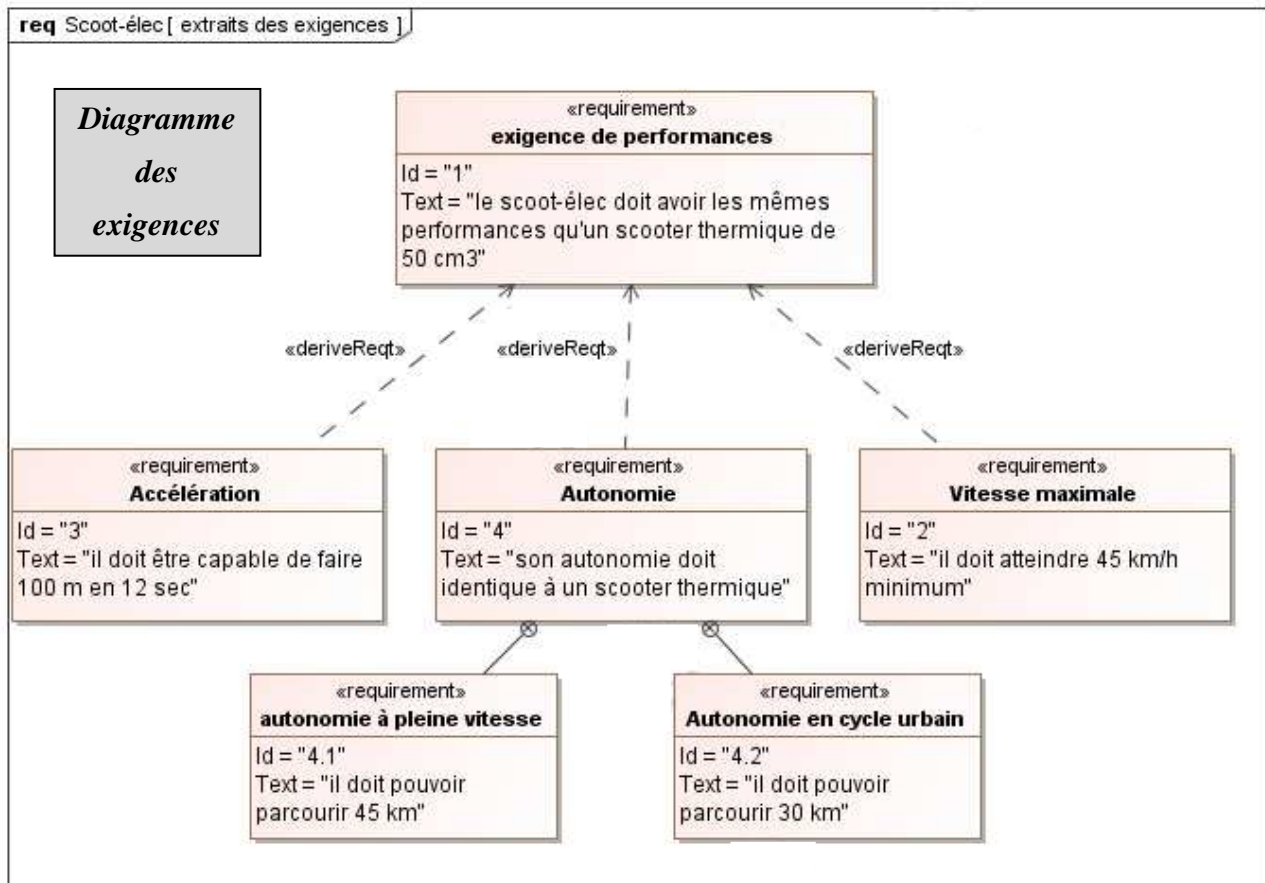
En usage urbain, il offre de nombreux avantages et peu d'inconvénients. Il s'intègre facilement dans le trafic. La puissance progressive de son moteur permet une conduite souple, fluide et sans à-coups. Son entretien est réduit et sa consommation très économique. L'engin, silencieux et propre, est nerveux,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

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

L'objectif de cet exercice est de valider certaines des performances annoncées par le constructeur

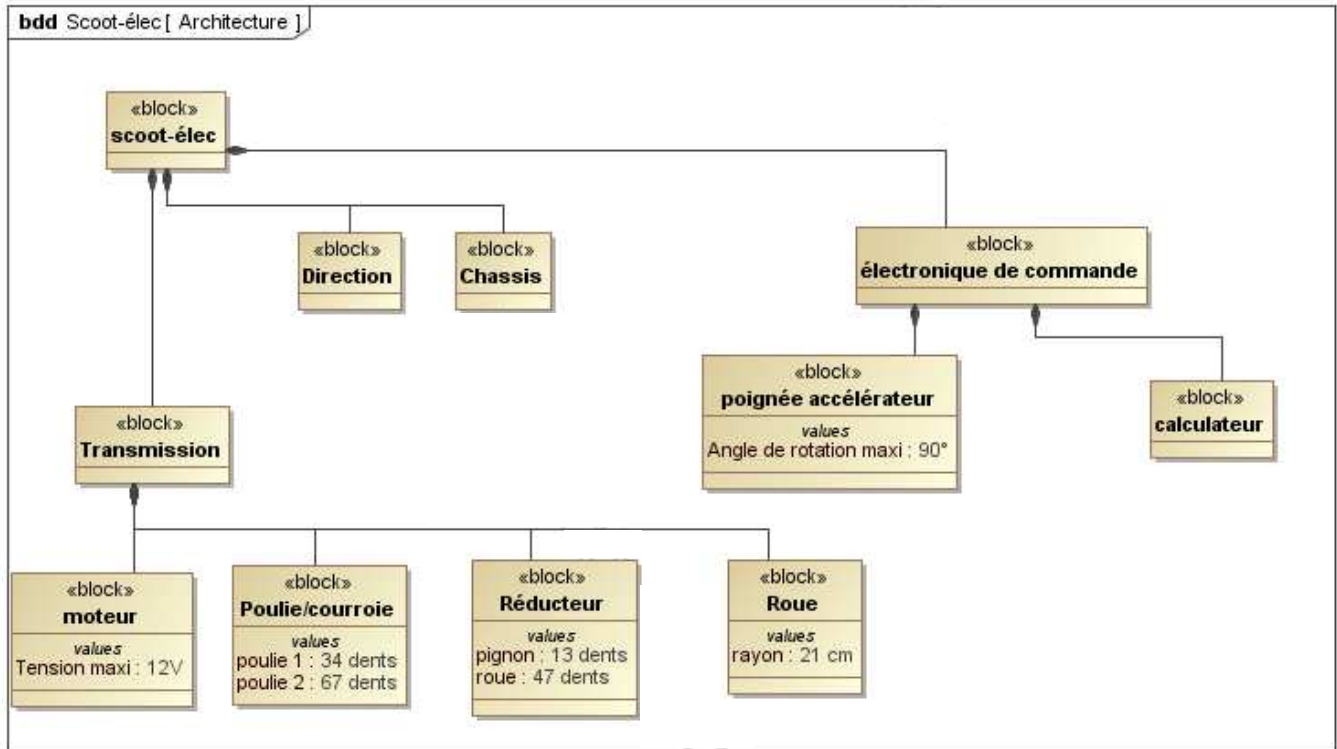


### EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES



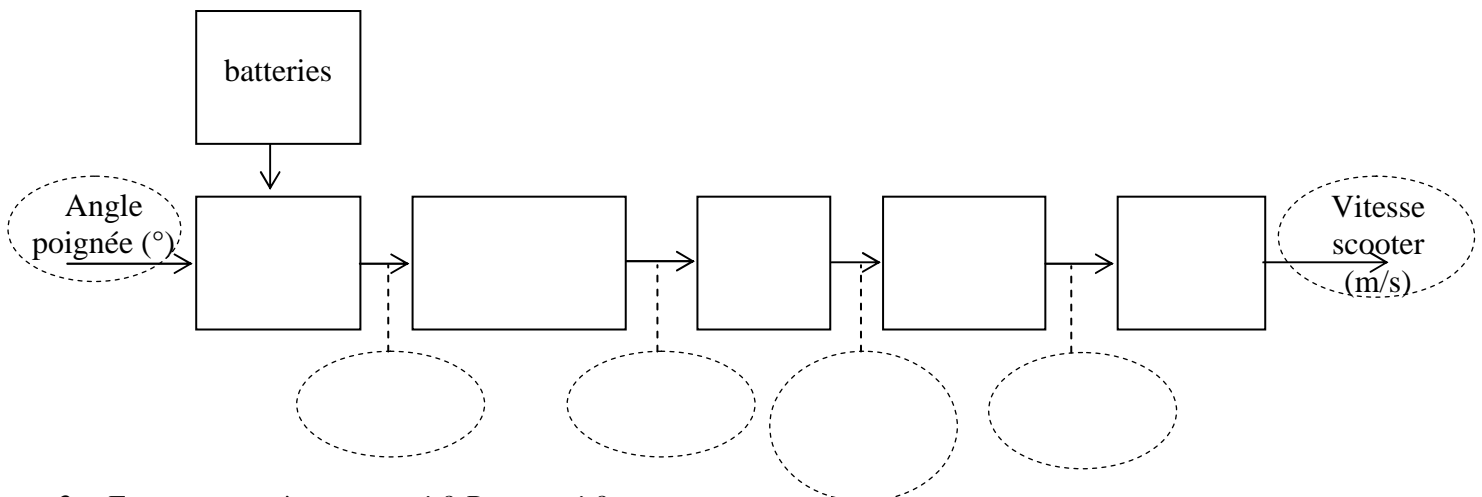
## STRUCTURE DU SCOOTER ELECTRIQUE

On donne le *diagramme de définition des blocs* ci-dessous :



## QUESTIONS ET TRAVAIL DEMANDE

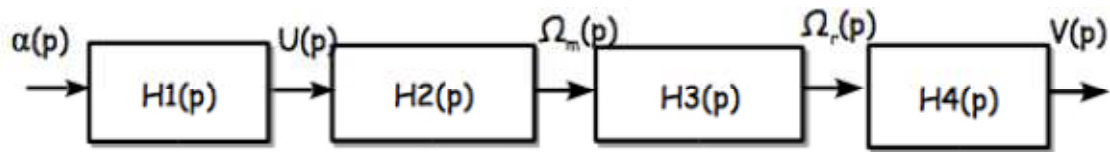
1. Recopier et compléter le schéma-bloc fonctionnel du Scoot-élec (ci-dessous) à partir des éléments ci-dessus. Préciser la nature et les unités des grandeurs entre blocs.



2. Est-ce un système asservi ? Pourquoi ?

## 2. Modélisation

Le scooter est constitué des éléments indiqués dans le schéma-bloc fonctionnel ci-dessous. 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.



### 2.1. 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  $90^\circ$ .

3. La fonction de transfert  $H_1(p)$  peut être modélisée par un gain pur, noté  $K_1$ . Déterminer la valeur de  $K_1$  en V/rad.

### 2.2. Roue arrière

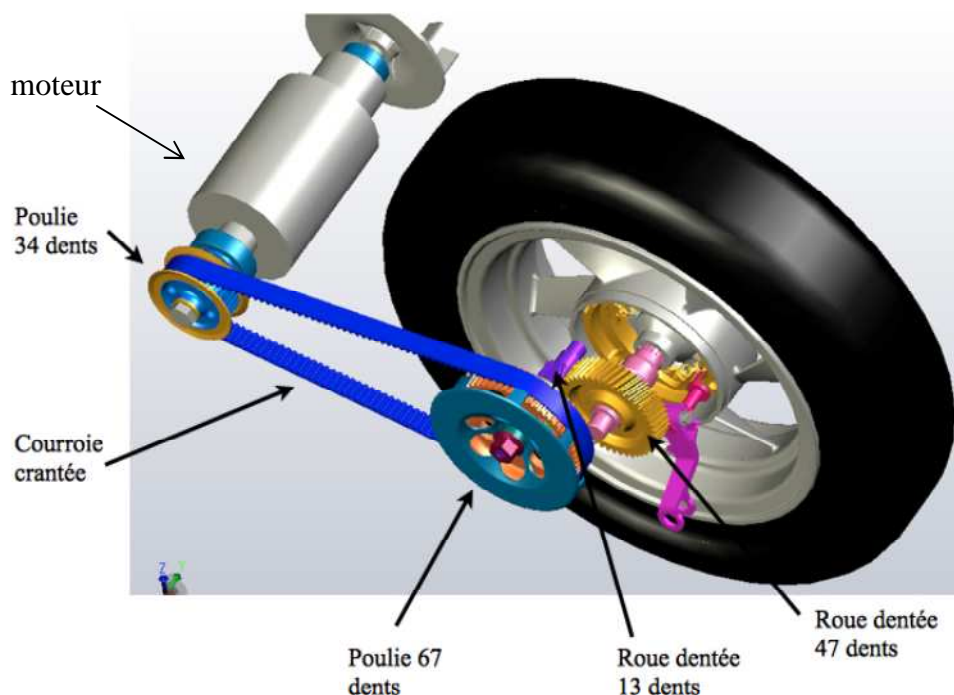
Le rayon  $R_{\text{roue}}$  de la roue arrière est de 21cm.

4. Sachant que celle-ci ne dérape pas (donc roule sans glisser), en déduire le rapport  $\frac{v(t)}{\omega_r(t)}$  donc la fonction de transfert  $H_4(p)$ . ( $v(t)$  est la vitesse du scooter (m/s) et  $\omega_r(t)$  la vitesse de rotation de la roue (rad/s)).

### 2.3. Réducteur

Le réducteur est constitué :

- de poulies crantées, possédant respectivement 67 dents et 34 dents
- d'une courroie crantée, qui permet la transmission de puissance entre ces deux poulies
- d'un système d'engrenages constitué de deux roues dentées de 13 et 47 dents.



5. Montrer que le rapport de réduction  $\frac{\omega_r(t)}{\omega_m(t)}$  est égal en module à 0.14, avec  $\omega_r(t)$  vitesse de rotation en rad/s de la roue et  $\omega_m(t)$  vitesse de rotation de l'arbre moteur en rad/s. Donner alors la fonction de transfert  $H_3(p)$ .

## 2.4.Moteur à courant continu

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

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

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

$$\text{équations de couplage : } C_m(t) = k \cdot i(t) \quad \text{et} \quad e(t) = k \cdot \omega_m(t)$$

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,  $J$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $k$  constantes caractéristiques du moteur,  $C_r(t)$  couple résistant. On suppose que  $L$  et  $C_r(t)$  sont négligeables.

6. 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  $\tau$ .

7. Donner la fonction de transfert du système complet  $H(p) = \frac{V(p)}{\alpha(p)}$  en fonction de  $K$  et  $\tau$ .

## 3.Validation de performances

### 3.1.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.

8. En utilisant le théorème de la valeur finale, déterminer en fonction de  $K$  l'expression de  $V_{max}$ , la vitesse du scooter en régime permanent lorsqu'on soumet le système à un échelon de  $90^\circ$  (on accélère à fond).
9. Déterminer la valeur de  $K$  nécessaire pour respecter le cahier des charges.

Deux moteurs possédant la valeur de  $K$  déterminée précédemment ( $\approx 35.5$  rad/Vs) sont disponibles. Le moteur M1 a une constante de temps  $\tau_1 = 3$ s, le moteur M2 a une constante de temps  $\tau_2 = 5$ s.

On note  $x(t)$  la position du scooter dans le repère fixe lié à la route. On suppose un déplacement rectiligne dans la direction de l'axe de la route ( $\bar{x}$ ).

10. 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  $\tau$ .

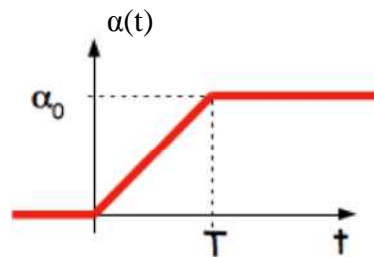
11. Donner l'expression de  $x(t)$  en fonction de  $\tau$ .

12. Choisir le moteur qui permette de respecter le cahier des charges.

### 3.2. Etude de la rapidité

13. Exprimer  $v(t)$  (réponse à un échelon de  $90^\circ$ ) et tracer approximativement la courbe représentative. Quel est le temps mis par le scooter à atteindre 95% de  $V_{max}$  ?

La consigne angulaire correspond, de manière plus réaliste, au signal représenté ci-dessous.



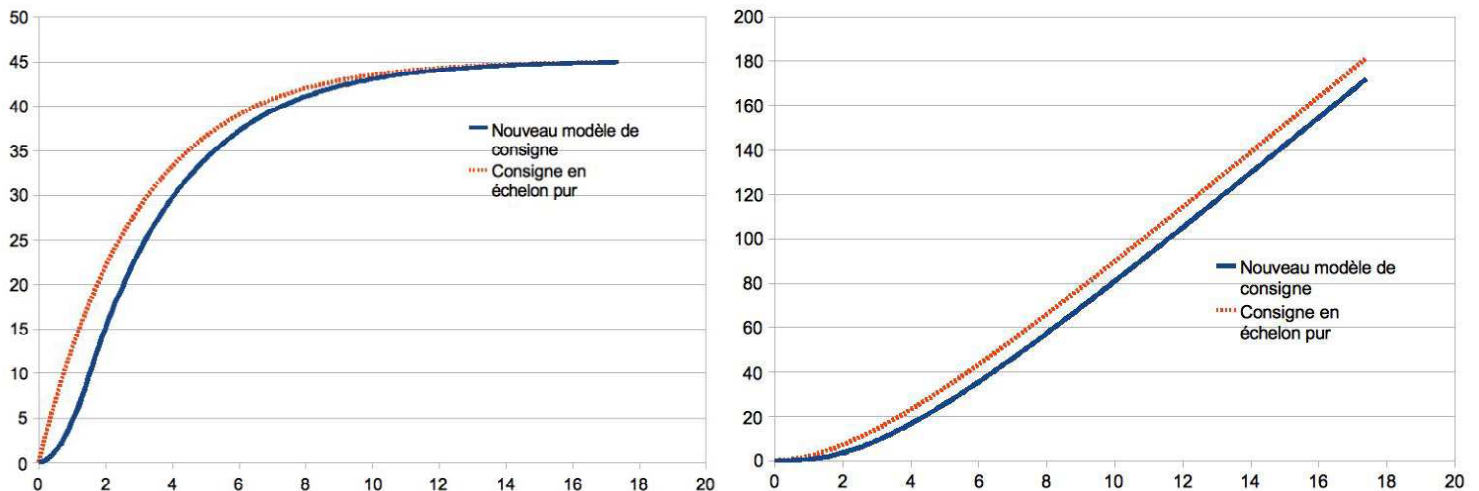
14. Donner l'expression temporelle de ce signal  $\alpha(t)$  (On notera  $u(t)$  la fonction échelon unitaire) puis exprimer sa transformée de Laplace notée  $\alpha(p)$ .

15. Donner alors l'expression de  $V(p)$  en fonction de  $\tau$  et  $T$ .

16. Décomposer en éléments simples la fraction rationnelle  $V(p)$  obtenue.

17. Donner l'expression de  $v(t)$  par transformée de Laplace inverse de  $V(p)$ .

Les allures de  $v(t)$  et de  $x(t)$  correspondantes sont données ci-dessous.



18. Justifier l'allure de la courbe  $v(t)$  à partir de l'expression analytique obtenue.

19. Mesurer le temps de réponse à 5% et le comparer avec celui obtenu par l'approximation de commande en échelon pur. Conclure quant à la pertinence du modèle.