



## ROBUROC 6 : PLATE-FORME D'EXPLORATION TOUT TERRAIN

### PRESENTATION

#### Asservir les déplacements de la plate-forme

Les déplacements de la plate-forme sont contrôlés de la manière suivante :

- au niveau de chacun des 6 moteurs, des boucles de vitesse assurent l'asservissement dit « bas niveau » ;
- à partir d'informations sur la position absolue de la plate-forme via le système GPS par exemple, un asservissement en position de la plate-forme peut être mis en place (asservissement dit « haut niveau »).

L'objectif est de déterminer les paramètres de réglage de chacune des boucles d'asservissement en vitesse de la plate-forme par rapport au sol.

#### Hypothèses et modélisation :

Afin de régler l'asservissement en vitesse de la plate-forme par rapport au sol :

- un déplacement en ligne droite de la plate-forme est considéré (consigne de vitesse  $V_c(t)$ , les paramètres angulaires de lacet, tangage et roulis restent nuls) ;
- le contact entre chaque pneumatique et le sol est considéré avec roulement sans glissement ;
- pour la modélisation du fonctionnement des moteurs, nous supposons une équi-répartition de la charge extérieure sur chacun des six moteurs. Ainsi, pour une vitesse  $V(t)$  de la plate-forme, les six moteurs tourneront à la même vitesse  $\Omega_{Mot}(t)$ . Ils seront alimentés par une même tension de commande  $U(t)$  et devront fournir un même couple moteur  $C_{Mot}(t)$  ;
- les efforts de perturbations (action mécanique de la pesanteur sur une pente...) seront répartis sur chacun des axes des six moteurs et seront donc modélisés par un même couple de perturbation équivalent  $C_{equ}(t)$  appliqué sur chacun des axes moteurs ;
- les caractéristiques inertielles de la plate-forme seront représentées au niveau de chaque axe moteur par un moment d'inertie équivalent  $\frac{J_{equ}}{6}$  ;
- le comportement individuel d'un des six moteurs peut donc être approché par celui d'un moteur à courant continu avec les équations électromécaniques suivantes :

$$\text{Equation électrique : } U(t) = E(t) + r.I(t) + L.\frac{dI(t)}{dt}$$

$$\text{Equation mécanique : } \frac{J_{equ}}{6}.\frac{d\Omega_{Mot}(t)}{dt} = C_{Mot}(t) - C_{equ}(t)$$

$$\text{Equations de couplage : } E(t) = k_e.\Omega_{Mot}(t) \text{ et } C_{Mot}(t) = k_c.I(t)$$



Symbole	Désignation	Valeur, unités
$U(t)$	Tension d'alimentation d'un moteur	[V]
$E(t)$	Tension contre électromotrice dans un moteur	[V]
$I(t)$	Intensité dans un moteur	[A]
$V(t)$	Vitesse de déplacement de la plate-forme	[m/s]
$\Omega_{Mot}(t)$	Vitesse de rotation de chacun des six moteurs	[rad/s]
$C_{Mot}(t)$	Couple moteur appliqué par chacun des six moteurs	[Nm]
$C_{equ}(t)$	Couple de perturbation équivalent appliqué à chacun des six axes moteurs	[Nm]
$r$	Résistance de l'induit d'un moteur	2,2 $\Omega$
$L$	Inductance de l'induit d'un moteur	4,62 mH
$k_e$	Constante de vitesse d'un moteur	0,12 V/(rad/s)
$k_c$	Constante de couple d'un moteur	0,12 Nm/A
$J_{equ}$	Inertie équivalente de la plate-forme ramenée sur l'axe d'un des six moteurs	14,4.10 <sup>-3</sup> kg.m <sup>2</sup>

**Description de l'asservissement en vitesse de la plate-forme par rapport au sol (figures 8 et 9):**

Pour une vitesse de consigne  $V_c(t)$  [m/s], les microcontrôleurs de pilotage génèrent une vitesse de rotation de consigne à appliquer à chaque moteur  $\Omega_{C_{Mot}}(t)$  [rad/s] qui est convertie en une tension de consigne  $U_c(t)$  [V]. Un capteur de vitesse monté sur l'axe de chaque moteur fournit une tension mesurée  $U_m(t)$  [V], image de la vitesse de rotation réelle  $\Omega_{Mot}(t)$ . Un correcteur

(défini par la suite) adapte le signal écart entre la tension de consigne et la tension mesurée, ce qui permet après amplification de définir la tension d'alimentation  $U(t)$  à appliquer aux moteurs. La vitesse réelle de la plate-forme  $V(t)$  est déterminée à partir de  $\Omega_{Mot}(t)$  en l'absence de glissement.

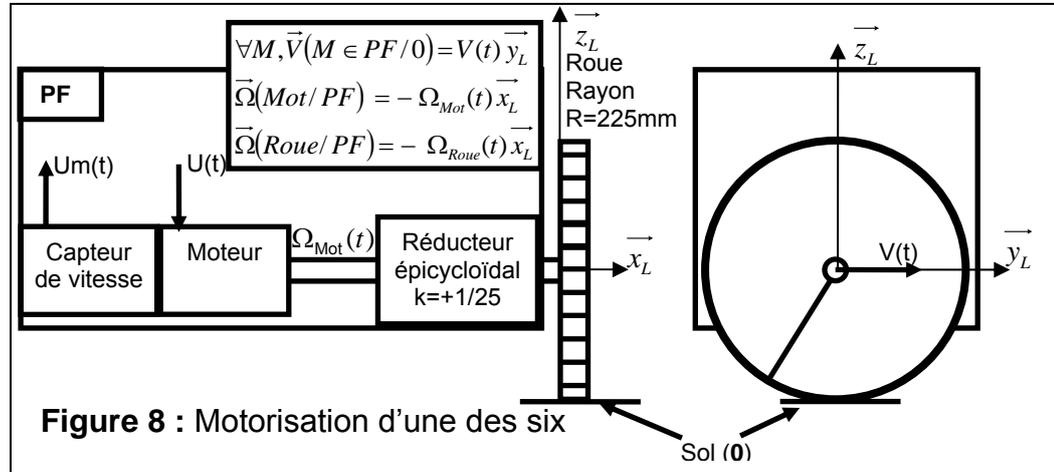


Figure 8 : Motorisation d'une des six

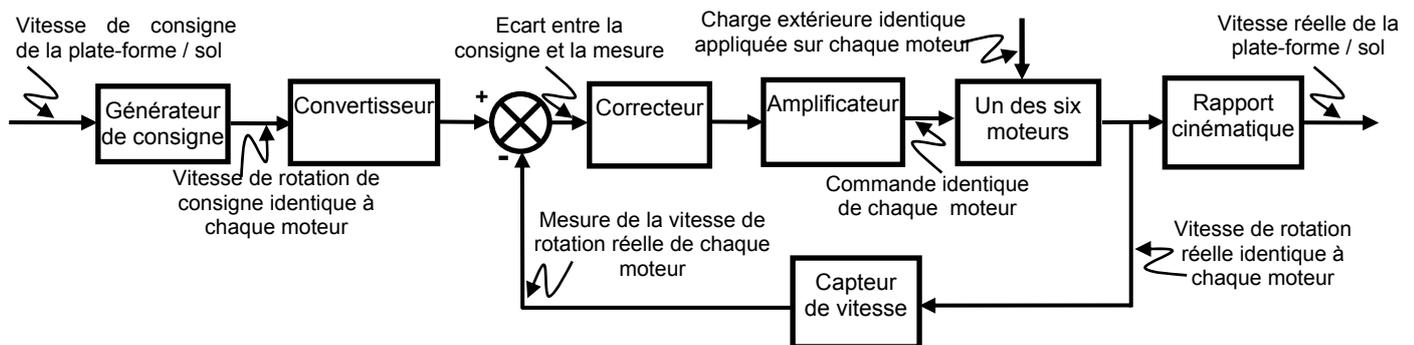


Figure 9 : Schéma bloc fonctionnel de l'asservissement en vitesse d'un des six moteurs

Blocs	Fonctions de transfert
Générateur de consigne	$K_G = 1/ K_R$
Convertisseur	$K_{conv} = K_{capt}$
Correcteur	$C(p)$ (réglé par la suite)
Amplificateur	$K_A = 20$ sans unité
Capteur de vitesse	$K_{Capt} = 5 \cdot 10^{-3}$ V/(rad/s)
Rapport cinématique	$K_R = 9 \cdot 10^{-3}$ m/rad

Figure 10 : Fonctions de transfert

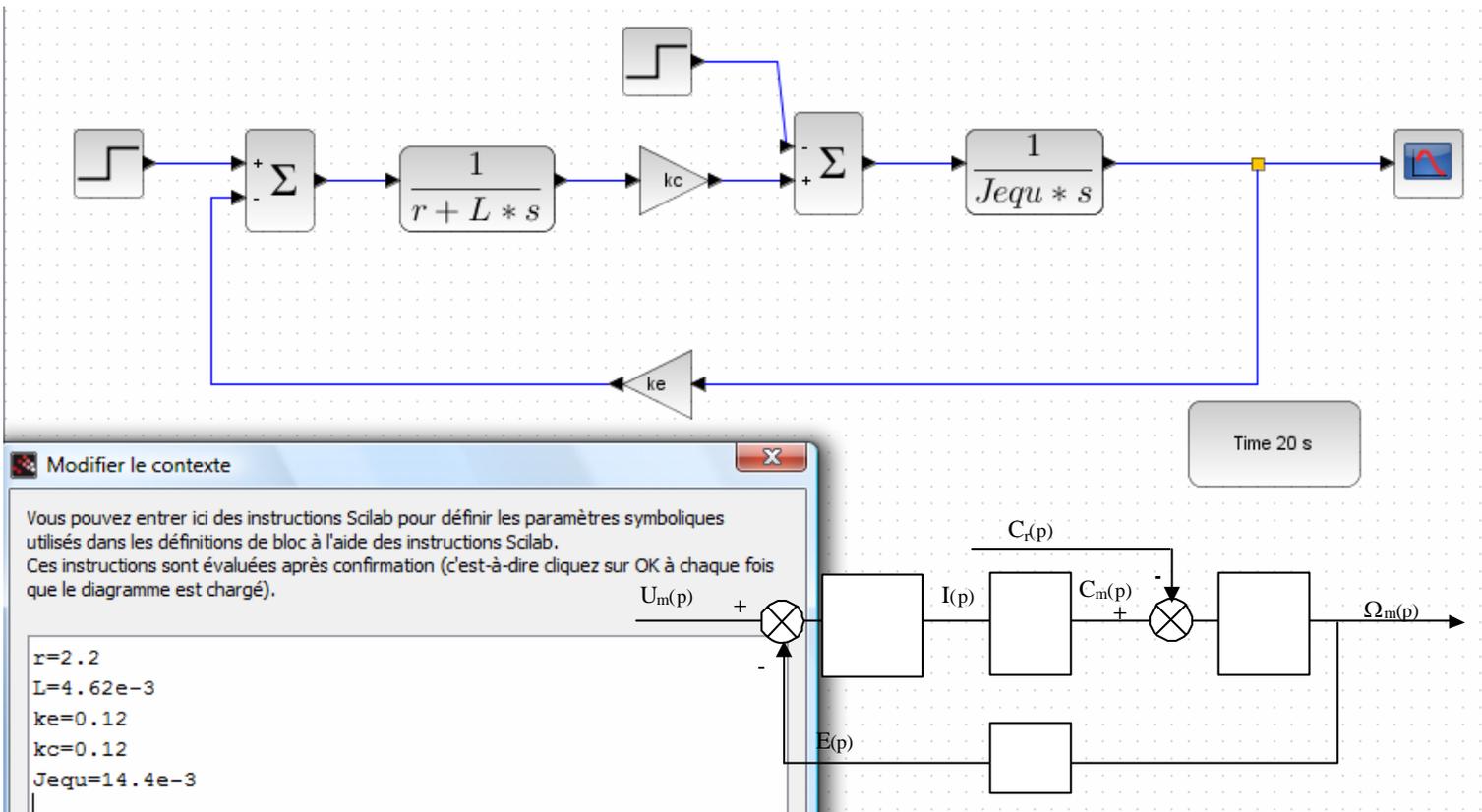
**Cahier des charges à respecter :**

Fonction	Critères	Niveaux
Asservir en vitesse la plate-forme par rapport au sol	<b>STABILITE</b>	MG= 6dB mini Mφ= 45° mini
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marge de gain</li> <li>Marge de phase</li> </ul>	
	<b>PRECISION</b>	Nulle
	en poursuite <ul style="list-style-type: none"> <li>Erreur statique à un échelon de vitesse</li> </ul> en régulation <ul style="list-style-type: none"> <li>Influence d'un échelon en couple de perturbation en régime permanent</li> </ul>	
	<b>RAPIDITE</b>	0,5 secondes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temps de réponse à 5% (à une entrée en échelon de vitesse)</li> </ul>	

**REALISATION D'UN SCHEMA BLOC DU MOTEUR A COURANT CONTINU**

Pour prendre en main le logiciel, vous allez commencer par réaliser le schéma bloc du moteur à courant continu présenté ci-dessous.

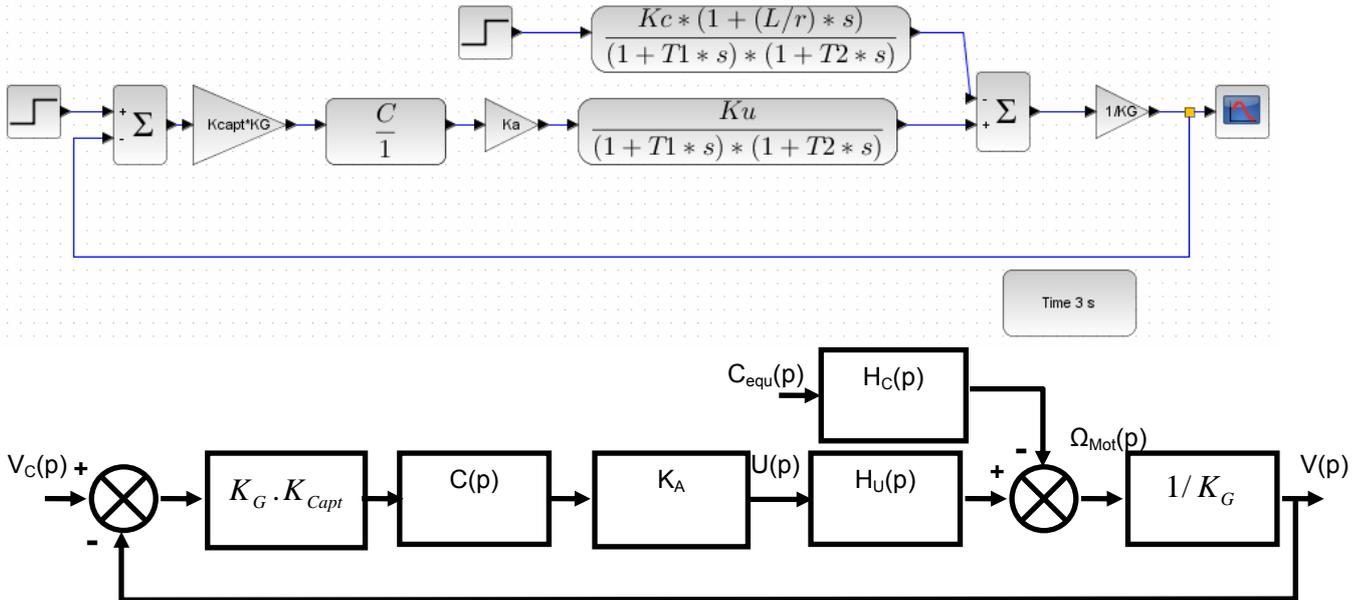
☞ Réaliser le schéma bloc du moteur à courant continu présenté ci dessous.



- ☞ Faire une simulation pour une tension de consigne de 10V et sans perturbation (temps de mesure 20 s). Notez la valeur finale, temps de réponse (temps pour atteindre +ou-5% de la valeur finale), gain statique (rapport valeur finale /entrée). Le comportement est-il oscillant?
- ☞ Lancer une simulation avec la même tension de commande mais un couple résistant non nul ( $C_r = 0.05Nm$ ). Mettre un échelon retardé de 10 secondes. Comparez. Quel est l'effet d'une perturbation sur la valeur finale. Commentez.

**SIMULATION DE L'ASSERVISSEMENT EN VITESSE**

A partir de la modélisation des blocs, un schéma bloc de l'asservissement en vitesse à retour unitaire est tracé :



**Figure 11 : Schéma bloc à retour unitaire**

$H_U(p)$  et  $H_C(p)$  sont les fonctions de transfert caractéristiques d'un des six moteurs.

Nous retiendrons :  $H_U(p) = \frac{K_U}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$  et  $H_C(p) = \frac{K_c (1 + \frac{L}{r} p)}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$

avec

Ku=8.3
Kc=152.7
T1=2.1e-3
T2=0.36
C=1
KG=1/9e-3
Kcapt=5e-3
Ka=20

☞ Réaliser le schéma bloc du système.

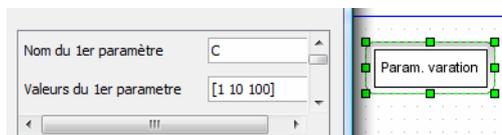
**Etude des performances de précision :**

Nous distinguerons dans la suite :

- l'étude en poursuite : Le couple de perturbation équivalent  $C_{equ}(t)$  est nul.  $V_c(t)$  varie ;
- l'étude en régulation : La vitesse de consigne de la plate-forme  $V_c(t)$  est nulle.  $C_{equ}(t)$  varie.

On prend pour correcteur un correcteur proportionnel :  $C(p) = C$

☞ Ajouter un paramètre variable :



- ☞ Réaliser une simulation : entrée échelon de 1m/s, couple résistant de 0.05N.m (retarder de 1.5s), un temps de simulation de 3s
- ☞ Commentez vos résultats, le cahier des charges est-il respecté ?

On prend pour correcteur un correcteur intégral  $C(p) = C/p$

- ☞ Modifier le schéma bloc en conséquence.
- ☞ Réaliser une simulation : entrée échelon de 1m/s, couple résistant de 0.5N.m (retarder de 5s), un temps de simulation de 10s
- ☞ Commentez vos résultats, le cahier des charges est-il respecté ? Quel correcteur faut-il choisir ?

### **Etude des performances de rapidité:**

- Pour cette partie on prendra :
- $C_{\text{equ}}(p) = 0$
  - $C(p) = C/p$
- ☞ Par des simulations de votre choix, déterminer une valeur approchée de C qui minimise le temps de réponse à 5 %.
  - ☞ Est-ce que le cahier des charges est respecté ?