

ANALYSE DES PERFORMANCES DES SLCI

TD 1

CPGE

Compétences visées: A3-03, B2-03

v1.2

Lycée La Fayette - 21 Bd Robert Schuman - 63000 Clermont-Ferrand - Académie de Clermont-Ferrand

ROBOT SPIRIT (PARTIE 1)

1 Présentation

Le robot *Spirit* a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars. Pour satisfaire ce cas d'utilisation, le robot doit respecter plusieurs exigences grâce en partie aux solutions techniques listées ci-dessous :



FIGURE 1 – Représentation d'artiste du robot *Spirit* et prise de vue de la cible depuis la caméra panoramique implantée sur la tête périscopique.

- un **corps**, appelé « Warm Electronic Box », dont la fonction est d'assurer la liaison entre les divers composants. Il supporte les batteries qui sont chargées par des capteurs solaires. Il protège également l'électronique embarquée des agressions extérieures.
- une **tête périscopique** orientable dont la fonction est d'orienter le système appelé *Pancam* (Panoramic Camera) qui se trouve à 1,4 m de hauteur. Ce dernier fournit une vue en 3 dimensions de l'environnement. Le traitement des images acquises par les caméras du système Pancam permet à *Spirit* de réaliser une cartographie des terrains et donc de trouver de manière autonome son chemin en évitant les obstacles. Cette autonomie de déplacement est renforcée par l'utilisation de quatre caméras de direction situées sur le corps.
- un **bras articulé** dont la fonction est d'amener quatre outils (une foreuse, un microscope et deux spectromètres) à proximité d'une roche à étudier. L'étude de la roche par ces quatre outils se fait par des carottages horizontaux.
- **six roues, animées chacune par un motoréducteur**, dont la fonction est d'assurer le déplacement de *Spirit* sur un sol caillouteux. Les deux roues avant et arrière possèdent de plus un moteur permettant au robot de pivoter sur lui-même (jusqu'à un demi tour).
- un **système de communication et des antennes hautes et basses fréquences**, dont la fonction est de permettre à *Spirit* de communiquer avec la terre.

La fonction principale (équivalente au cas d'utilisation principal) est réalisée, d'un point de vue temporel, par les 3 phases décrites ci-dessous :

- la phase d'approche : *Spirit* « repère » une roche dont la forme est adaptée à l'étude chimique. Son rôle consiste à s'en rapprocher suffisamment près pour pouvoir l'étudier.
- la phase de déploiement : le corps de *Spirit* est fixe, le bras articulé se déploie et amène l'ensemble des 4 outils à proximité de la roche.
- la phase de prospection : le corps de *Spirit* ainsi que le bras articulé sont fixes, les 4 outils étudient la composition chimique de la roche.

Dans le cadre de ce sujet, on va se limiter à l'analyse de la phase d'approche. L'objectif est de vérifier que la solution constructive utilisée pour satisfaire l'exigence considérée respecte les niveaux attendus (voir FIGURE 2).

Objectif

L'objectif de ce TD est de construire le modèle par schéma-bloc dans le domaine de Laplace. La vérification des performances fera l'objet de la 2^e partie du TD.

Exigence	Critère	Niveau
S'approcher de la cible	Erreur sur la position cible (intensité du vent = 10 N)	$x_s(t) - x_c(t) < 0,01 \text{ m}$
	Dépassement sur la réponse indicielle	aucun
	Rapidité	maximale

FIGURE 2 – Extrait du recueil des exigences

L'asservissement du déplacement est indispensable du fait de l'existence de perturbations mal connues, qui sont principalement engendrées par les rafales de vent sur la surface de Mars. La position asservie du robot est notée $x_s(t)$.

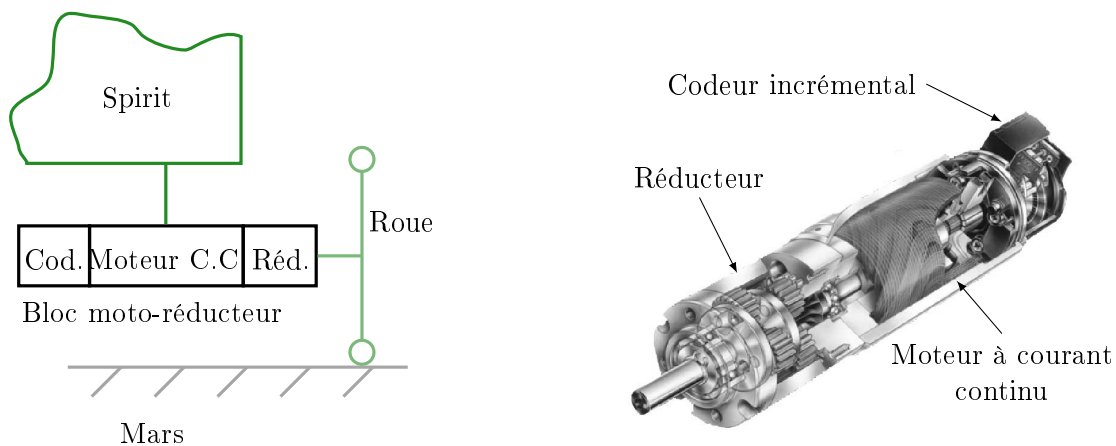


FIGURE 3 – Schéma de la motorisation du robot et vue en écorché du moto-réducteur et de son codeur incrémental.

Pour effectuer cette approche, la motorisation est assurée par un bloc motoréducteur à courant continu dans chacune des six roues (cf. FIGURE 3). Le mouvement ainsi généré est observé de manière optique. En effet, les caméras situées sur la tête périscopique Pancam (cf. FIGURE 3) permettent à tout

instant de connaître la position absolue de *Spirit*. Le traitement de cette information par l'électronique embarquée fournit donc une mesure de l'erreur par rapport à la position cible.

2 Architecture du système asservi – Modèle de connaissance

Une étude dynamique du robot *Spirit* en déplacement par rapport au sol, sous l'action mécanique des moteurs et de la perturbation due au vent donne les équations suivantes (programme de 2^e année) :

$$M_s \ddot{x}_s(t) = 6F_{R-S}(t) + F_{V-S}(t) \quad (1)$$

$$M_r \ddot{x}_s(t) = -F_{R-S}(t) + F_{M-R}(t) \quad (2)$$

$$\frac{I_r}{R_r} \ddot{x}_s(t) = C_{S-R}(t) - R_r F_{M-R}(t) \quad (3)$$

On définit les constantes suivantes :

- $M_s = 180 \text{ kg}$ masse de *Spirit* sans les roues,
- M_r masse d'une roue,
- I_r inertie de rotation d'une roue et de son moteur autour de son axe de révolution,
- $R_r = 0,05 \text{ m}$ rayon d'une roue,
- $\eta = 19$ rapport de réduction du réducteur à engrenages

On définit les variables suivantes :

- $x_s(t)$ position de *Spirit* sur Mars,
- $C_{S-R}(t)$ couple moteur appliqué sur la roue,
- $F_{R-S}(t)$ effort d'une roue sur *Spirit*,
- $F_{M-R}(t)$ effort de liaison,
- $F_{V-S}(t)$ effort dû au vent dans la direction \vec{x}_s , modélisant la perturbation sur *Spirit*.

L'étude de la motorisation, dans le cas d'un moteur à courant continu, donne les équations « classiques » suivantes :

$$u(t) = e(t) + R_m i(t) + L \frac{di(t)}{dt} \quad (4)$$

$$\frac{C_{S-R}(t)}{\eta} = K_t i(t) \quad (5)$$

$$e(t) = K_e \frac{\eta}{R_r} \dot{x}_s(t) \quad (6)$$

On définit les constantes suivantes :

- $R_m = 2,9 \Omega$ résistance aux bornes de l'induit,
- L inductance aux bornes de l'induit,
- $K_t = 0,07 \text{ N.m.A}^{-1}$ constante de couple,
- $K_e = 0,07 \text{ V.s}$ constante de force contre électromotrice.

On définit les variables suivantes :

- $u(t)$ tension d'alimentation,
- $e(t)$ force contre électromotrice,
- $i(t)$ intensité.

Question 1 Écrire la transformée de Laplace des équations de la Dynamique, notées de (1) à (3). On précisera les hypothèses nécessaires ainsi que les théorèmes utilisés.

Question 2 À partir des équations précédentes dans le domaine de Laplace, compléter le schéma bloc ci-dessous.

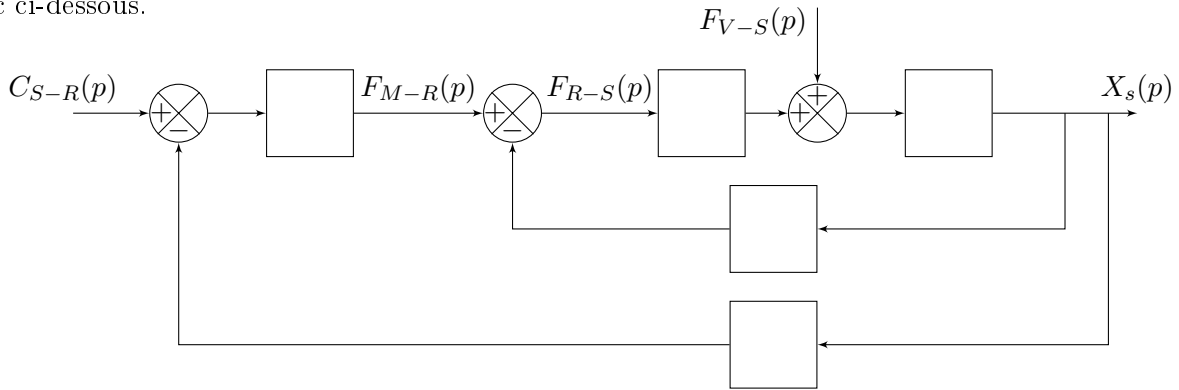


FIGURE 4 – Schéma-blocs du système (incomplet)

On pourrait montrer que le schéma bloc précédent peut être mis sous la forme suivante :

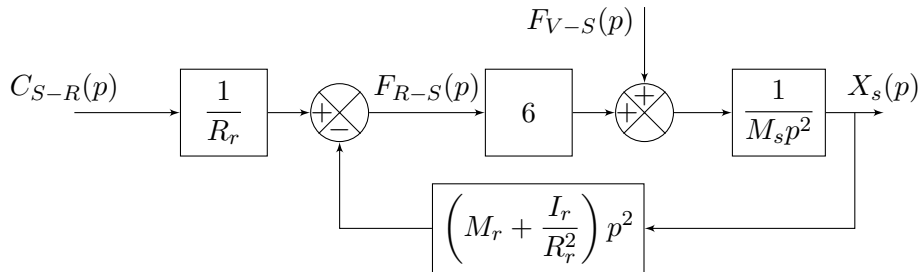


FIGURE 5 – Schéma-blocs transformé

Question 3 Écrire la transformée de Laplace des équations régissant le moteur à courant continu, notées (4) à (6) et remplir le schéma bloc ci-dessous.

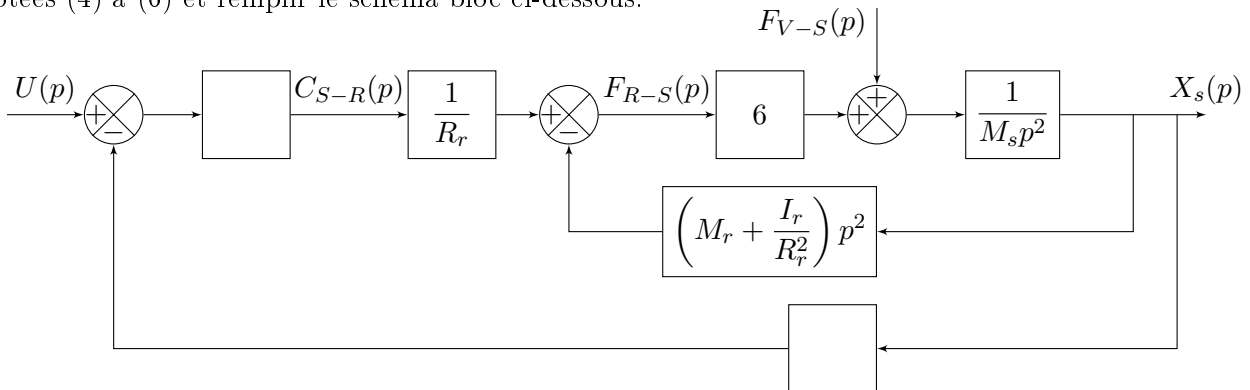


FIGURE 6 – Schéma-blocs final du système

Question 4 Ce schéma-blocs représente-t-il un système asservi? Justifier la réponse.



Remarque

La deuxième partie du TD aura pour but d'utiliser le schéma-blocs pour prévoir les performances du robot *Spirit*.