

Préparation Mines Telecom

Réplique de la mission InSIGHT ★ –

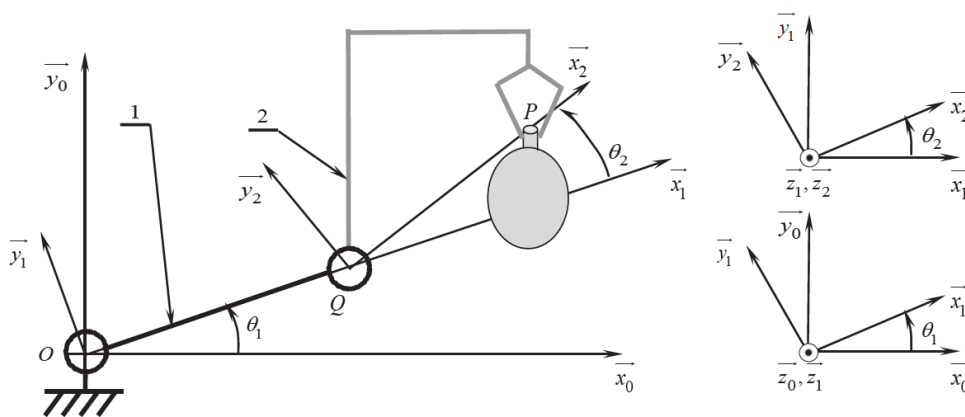
Sujet

On s'intéresse ici au système de déploiement du sous-système SEIS. Il est basé sur un instrument hybride composé :

- ▶ d'un système de déploiement (DPL);
- ▶ d'une sphère (SEIS) comportant trois capteurs sismiques à très larges bandes et leurs capteurs de température;
- ▶ d'une boîte électronique d'acquisition dont la structure est donnée par le diagramme de définition des blocs.

On donne figure 4 le diagramme partiel des exigences.

La figure 2 représente la structure du système de déploiement DPL.



D'après concours Commun INP 2019 – MP.

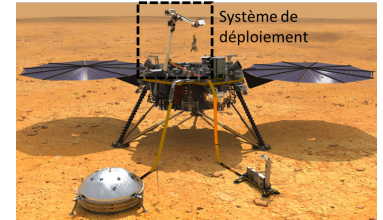


FIGURE 1 – Sous-système SEIS

FIGURE 2 – Schématisation cinématique du bras de déploiement

Bâti 0 Le bâti 0 est doté du repère $\mathcal{R}_0 (O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

Bras 1 Le bras 1 est doté du repère $\mathcal{R}_1 (O; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$. Le mouvement de 1 par rapport à 0 est une rotation d'axe (O, \vec{z}_0) et d'angle $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$. Le centre d'inertie G_1 est paramétré par $\vec{OG}_1 = \frac{L}{2} \vec{x}_1$. De plus $\vec{OQ} = L \vec{x}_1$. Enfin, $m_1 = 352 \text{ g}$ et $L = 0,5 \text{ m}$.

La figure 3 présente le modèle volumique du bras 1. Les plans $(G_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1)$ et $(G_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ sont des plans de symétrie matérielle du bras 1.

Le mouvement de 1 par rapport à 0 est commandé par un actionneur M_{01} , constitué d'un moteur pas à pas et d'un réducteur de vitesse à couronne dentée flexible de rapport de transmission $\lambda = 82$, d'encombrement et de masse très faibles en regard des autres solides, logés à l'intérieur de la liaison (0/1).

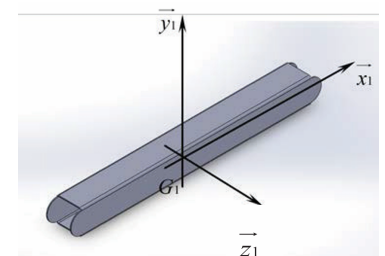


FIGURE 3 – Bras 1

Avant-bras 2 L'avant-bras 2 est doté du repère $\mathcal{R}_2 (Q; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$. Le mouvement de 2 par rapport à 0 est une rotation d'axe (Q, \vec{z}_1) et d'angle $\theta_2 = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$. Le centre d'inertie G_2 est paramétré par $\vec{QG}_2 = \frac{L}{2} \vec{x}_2$. De plus $\vec{QP} = L \vec{x}_2$. Enfin, $m_2 = 352 \text{ g}$ et $L = 0,5 \text{ m}$.

L'extrémité en P est équipée d'une pince de masse négligeable qui saisit la sphère SEIS. On note K_{O2} le moment d'inertie de l'avant-bras 2 par rapport à l'axe (O, \vec{z}_0) dans la position la plus défavorable. Le mouvement de 2 par rapport à 1 est commandé par un actionneur M_{12} , constitué d'un moteur pas à pas et d'un réducteur de vitesse à couronne dentée flexible de rapport de transmission $\lambda = 82$, d'encombrement et de masse très faibles en regard des autres solides, logés à l'intérieur de la liaison (1/2).

Sphère du SEIS : S On considère que l'amplitude du mouvement (S/2) est très faible. La position (S/0) repérée par $\vec{OP} = X_P(t)\vec{x}_0 + Y_P(t)\vec{y}_0$. La masse $m_s = 1,2$ kg est considérée comme ponctuelle en son centre d'inertie G_S par rapport aux autres mouvements. G_S est tel que $\vec{PG}_S = -R\vec{y}_0$ (R est une constante positive).

On note K_{O5} le moment d'inertie de la sphère S par rapport à l'axe (O, \vec{z}_0) dans la position $\theta_1 = \theta_2 = 0$.

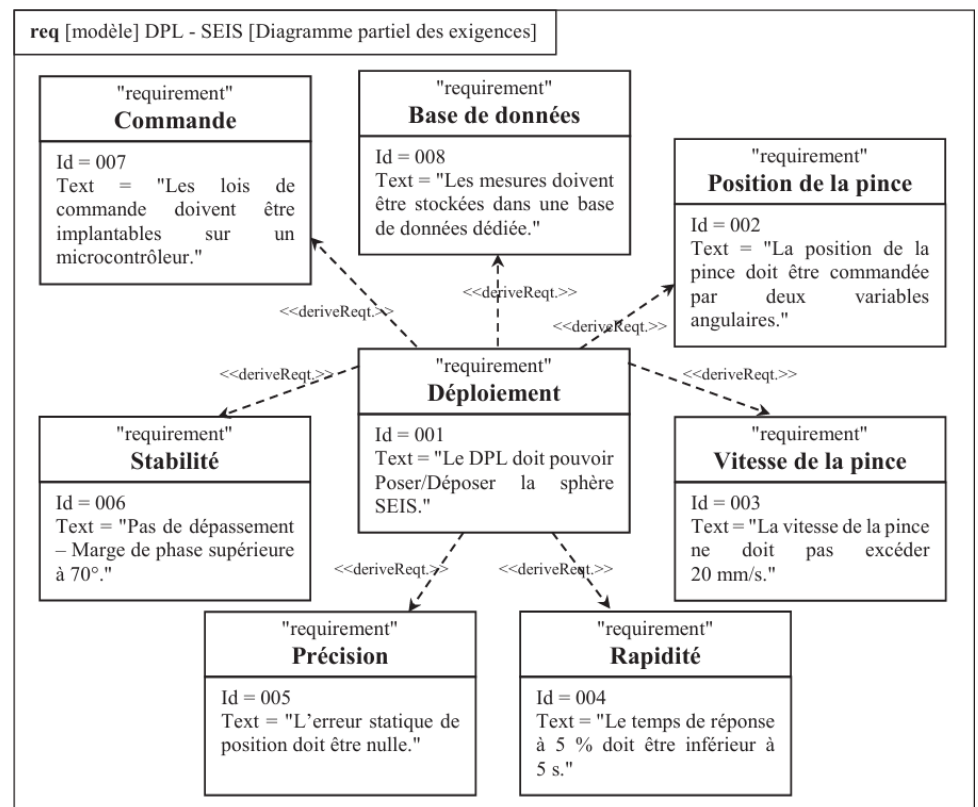


FIGURE 4 – Diagramme partiel des exigences

0.1 Validation de la capacité statique du système de déploiement

Objectif

Déterminer le couple statique du moto-réducteur M_{01} qui permet l'équilibre du système de déploiement.

On note $\vec{g} = -g\vec{y}_0$ l'accélération du champ de pesanteur terrestre avec $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$.

Question 1 Exprimer puis calculer le couple statique, noté C_{01} , que doit exercer le moto-réducteur M_{01} dans la position du système de déploiement la plus défavorable. Préciser clairement le système isolé ainsi que le principe/théorème utilisé.

Question 2 En déduire la valeur minimale du couple de maintien, noté C_{m1min} , dont doit disposer le moteur pas à pas.

0.2 Modélisation de la motorisation

Objectif

Valider les réglages de la commande des trois actionneurs linéaires associés aux pieds, afin de respecter les exigences liées à leur positionnement.

Afin d'être positionné, le SEIS est équipé de 3 pieds positionnés par des vérins électriques (aussi appelés actionneurs linéaires) asservis en position. Leur chaîne structurelle est donnée sur la figure 6.

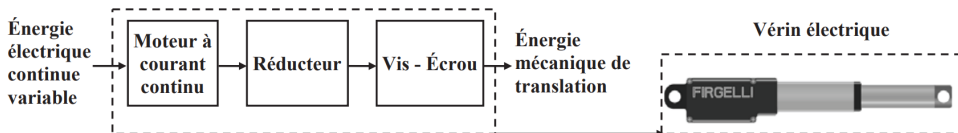


FIGURE 5 – Sous-système SEIS

FIGURE 6 – Chaîne structurelle de l'actionneur électrique linéaire

La table 1 dresse la liste des notations et spécifications.

TABLE 1 – Notations et spécifications

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ masse à déplacer pour chaque vérin : $M = 1 \text{ kg}$; ▶ pesanteur de la Terre : $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$; ▶ rapport de réduction du réducteur : $r = 0,01$; ▶ rendement du réducteur : $\eta_r = 0,95$; ▶ pas de la vis du système vis-écrou : $p = 12 \text{ mm}$; ▶ rendement du système vis-écrou : $\eta_v = 0,96$; ▶ coefficient de frottement visqueux du moteur : $f = 0,002 \text{ Nms/rad}$; | <ul style="list-style-type: none"> ▶ moment d'inertie équivalent total ramené sur l'arbre moteur : $J = 0,00004 \text{ kg m}^2$; ▶ résistance de l'induit de la MCC (Machine à Courant Continu) : $R = 1 \Omega$; ▶ inductance de l'induit de la MCC : $L = 20 \mu\text{H}$; ▶ constante de couple : $K_c = 0,35 \text{ Nm A}^{-1}$; ▶ constante de force contre électromotrice : $K_e = 0,35 \text{ Vs/rad}$; ▶ tension d'alimentation de l'induit de la MCC : $u(t)$ en V; | <ul style="list-style-type: none"> ▶ courant absorbé par l'induit de la MCC : $i(t)$ en A; ▶ vitesse de rotation en sortie de la MCC : $\omega(t)$ en rad/s; ▶ position angulaire en sortie de la MCC : $\theta(t)$ en rad; ▶ force contre électromotrice de la MCC : $e(t)$ en V; ▶ couple moteur de la MCC : $C_m(t)$ en Nm; ▶ couple résistant total ramené sur l'arbre moteur : $C_r(t) = \frac{Mgpr}{2\pi\eta_v\eta_r}h(t)^a$ en Nm. |
|---|--|---|

^a. $h(t)$ désigne la fonction de Heaviside qui prend la valeur 0 pour $t < 0$, 1 sinon.

Équations du moteur à courant continu :

- équation électrique : $u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$;
- équations de couplage électromécanique : $e(t) = K_e \omega(t)$, $C_m(t) = K_C i(t)$.

L'application du théorème du moment dynamique à l'arbre moteur permet d'écrire l'équation suivante :

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) - f\omega(t).$$

Question 3 Proposer un schéma-bloc du moteur à courant continu.

On se place dans le cas particulier où $C_r(p) = 0$.

Question 4 Donner l'expression, sous sa forme canonique, de la fonction de transfert en boucle fermée $F_{m1}(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)}$.

La figure 7 présente les résultats expérimentaux de l'évolution de la vitesse de rotation, $\omega(t)$ à la suite de l'application d'un échelon de tension $u(t)$ d'une amplitude de 12 V aux bornes de la MCC.

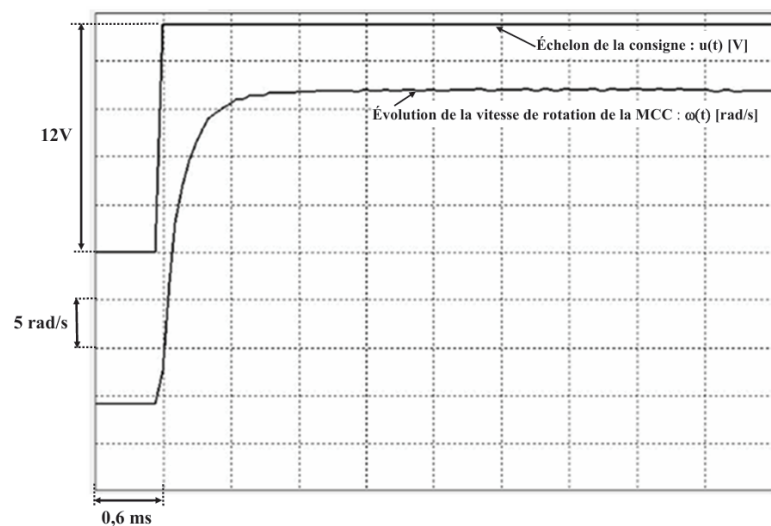


FIGURE 7 – Réponse de la MCC à un échelon de 12 V

Question 5 Proposer et justifier un modèle de comportement du moteur à courant continu $F_{m2}(p)$.