

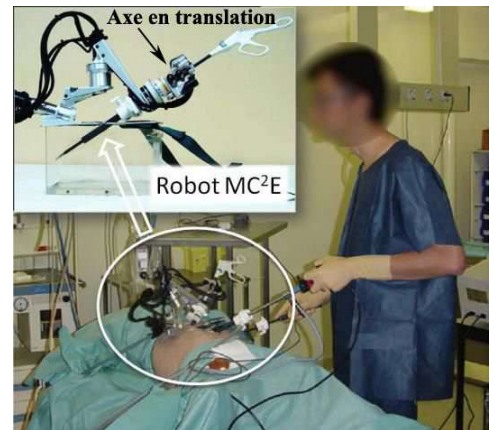
TD3 : Axe de robot chirurgical

Présentation du problème

Mise en situation

L'objet de cette étude est le robot MC²E utilisé en chirurgie endoscopique (photo ci-contre). Ce type de robots médico-chirurgicaux est équipé de capteurs (caméra, capteur d'efforts...) permettant de maîtriser les interactions avec des environnements souvent déformables et difficilement modélisables comme le corps humain.

On s'intéresse plus particulièrement à l'axe en translation. Voir détail sur la photo. Cet axe en translation du robot est asservi en effort constant pour tirer (ou pousser) l'organe du patient opéré au fur et à mesure que le chirurgien utilise son bistouri.



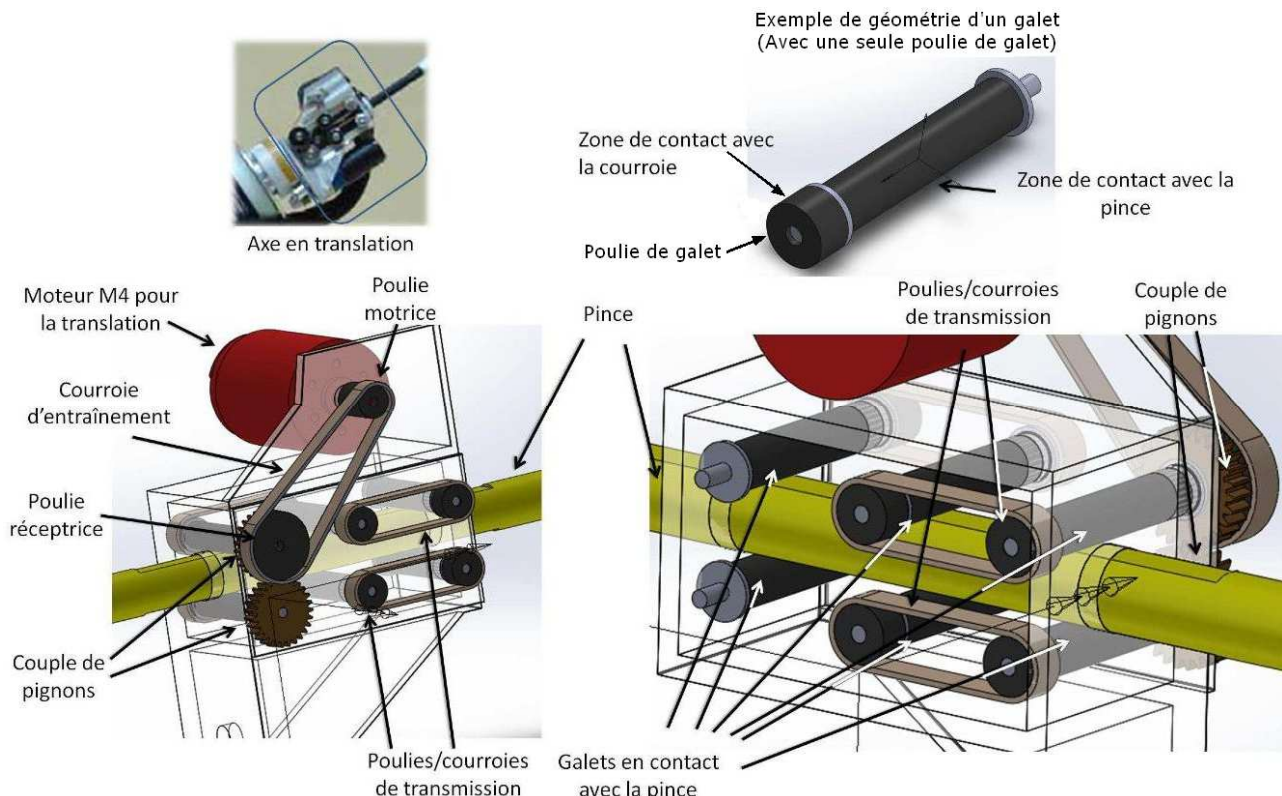
Objectif

L'objectif du problème est de mettre en place l'équation différentielle mécanique de cet asservissement en effort pour construire le schéma bloc du modèle numérique de l'asservissement en effort de la maquette de cet axe de translation.

Description de l'axe en translation

La translation est assurée par le roulement sans glissement de la pince sur 6 galets.

Les rotations de ces six galets sont synchronisées par les courroies de transmission entre les trois galets d'un même côté de la pince et par un couple de pignons dentés (de même rayon) entre deux galets de part et d'autre de la pince. Enfin un des six galets est entraîné par un moto-réducteur, via une courroie d'entraînement.



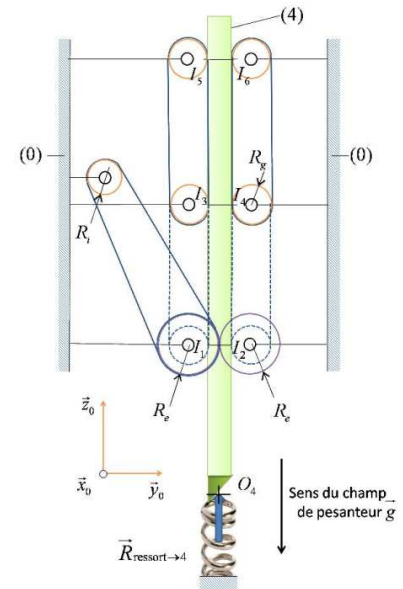
Hypothèses

Toutes les liaisons entre les solides sont supposées parfaites.

Il n'y a pas de glissement des différentes courroies sur les poulies.

Modélisation et paramétrage

- ☞ La poulie motrice a un rayon R_i et tourne à la vitesse $\omega_i(t)$.
- ☞ La poulie réceptrice a un rayon R_e et tourne à la vitesse $\omega_e(t)$.
- ☞ Les deux pignons ont le même rayon primitif R_e .
- ☞ Les six galets ont le même rayon R_g (zone de contact avec la pince) et R_{pg} des poulies de galet (zone de contact avec les courroies)
- ☞ On note r le rapport du moto réducteur : $r = \frac{\omega_i}{\omega_m}$
- ☞ L'axe en translation ($\vec{z}_0$) est disposé suivant la verticale vers le haut.
- ☞ L'organe du patient est remplacé par un ressort exerçant sur la pince une force de résultante $\vec{R}_{\text{ressort} \rightarrow 4} = -k \cdot z(t) \cdot \vec{z}_0$ appliquée en O_4 où $z(t)$ est le paramètre de position de la pince par rapport au bâti.
- ☞ la vitesse de la pince 4 est notée $v(t)$: $\vec{V}_{O_4 \in 4/0} = v(t) \cdot \vec{z}_0 = \frac{d z(t)}{dt} \cdot \vec{z}_0$.
- ☞ Le stator du moteur exerce sur le rotor un couple noté : $\vec{C}_m = c_m \cdot \vec{x}_0$.
- ☞ La vitesse de rotation du rotor du moteur est notée ω_m , sa position angulaire θ_m : $\omega_m(t) = \frac{d \theta_m(t)}{dt}$



Données d'inertie

- ☞ I_m : moment d'inertie de l'arbre moteur par rapport à son axe de rotation.
- ☞ I_r : moment d'inertie du réducteur par rapport à son axe de rotation de sortie
- ☞ I_i : moment d'inertie de la poulie motrice de rayon R_i par rapport à son axe de rotation.
- ☞ I_e : moment d'inertie de la poulie réceptrice de rayon R_e par rapport à son axe de rotation.
- ☞ I_p : moment d'inertie de chacun des 2 pignons par rapport à son axe de rotation.
- ☞ I_g : moment d'inertie de chacun des 6 galets par rapport à son axe de rotation.
- ☞ I_{pg} : moment d'inertie de chacune des 8 poulies de galet par rapport à son axe de rotation.
- ☞ m_e : masse de la courroie d'entraînement (entre les poulies motrices et réceptrices)
- ☞ m_{pg} : masse de chacune des 4 courroies de transmission (entre les poulies de galet)
- ☞ m_4 : masse de la pince 4

Travail demandé

- 1- Déterminer l'expression du rapport de transmission entre $v(t)$ et $\omega_m(t)$: $\rho = \frac{v(t)}{\omega_m(t)}$. Puis sous l'hypothèse de conditions initiales nulles, en déduire la relation entre $z(t)$ et $\theta_m(t)$.
- 2- Déterminer l'expression de $E_C(E/0)$ l'énergie cinétique de l'ensemble E des pièces en mouvement dans son mouvement par rapport au bâti. L'écrire sous la forme $E_C(E/0) = \frac{1}{2} J_e \cdot \omega_m^2$ pour en déduire J_e le moment d'inertie équivalent de l'ensemble E ramené sur l'arbre moteur.
- 3- Effectuer un bilan des puissances extérieures et intérieures à ce même ensemble E dans son mouvement par rapport à 0. Préciser l'expression analytique de chaque puissance.
- 4- Par application du théorème de l'énergie puissance, en déduire l'équation différentielle mécanique que vous écrirez sous la forme : $J_e \cdot \dot{\omega}_m(t) = c_m(t) - c_{pes} - c_s(t)$ où c_{pes} est constant et $c_s(t)$ une fonction temporelle dont vous donnerez l'expression en fonction de $\theta_m(t)$.
- 5- L'asservissement en effort de la pince revient à réguler le couple $c_s(t)$ (mesuré par le capteur d'effort situé sur le MC²E) à un couple de consigne $c_c(t)$. On a alors ci-dessous le schéma bloc de l'asservissement avec $H_{cor}(p)$ la fonction de transfert du correcteur et de la partie électrique du moteur.

En déduire les expressions des autres fonctions de transfert : $H_1(p)$, $H_2(p)$ et $H_3(p)$.

