

TD 01

Micromanipulateur compact pour la chirurgie endoscopique (MC²E)

Concours Commun Mines Ponts 2016

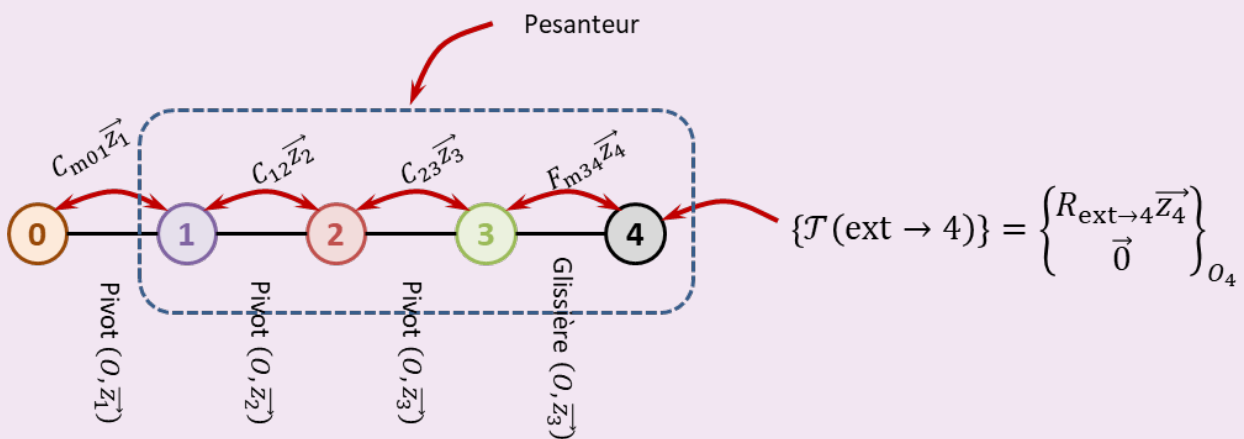
Savoirs et compétences :

Mise en situation

Démarche globale

Question 1 Réaliser le graphe d'analyse associé au système étudié.

Correction



Question 2 Proposer la démarche (solide(s) isolé(s), théorème(s) utilisé(s)) permettant de déterminer les expressions littérales des couples C_{m01} , C_{m12} , C_{m23} , et de la résultante F_{m34} , lors de la phase de maintien statique. Les calculs ne doivent pas être développés.

Correction

Méthode On cherche ici à déterminer le couple et les efforts à fournir par chacun des actionneurs pour maintenir en le système en équilibre statique. 4 actionneurs sont à déterminer, il faut donc un minimum de 4 équations. On va écrire les équations du PFS correspondant au mobilité afin de pas faire apparaître les inconnues de liaisons.

1. Pour déterminer F_{m34} on isole le solide (4) et on applique le théorème de la résultante statique en projection sur \vec{z}_4 .
2. Pour déterminer C_{m23} on isole l'ensemble (3+4) et on applique le théorème du moment statique en O en projection sur \vec{z}_3 .
3. Pour déterminer C_{m12} on isole l'ensemble (2+3+4) et on applique le théorème du moment statique en O en projection sur \vec{z}_2 .
4. Pour déterminer C_{m01} on isole l'ensemble (1+2+3+4) et on applique le théorème du moment statique en O en projection sur \vec{z}_1 .

Modélisation simplifiée

Question 3 Déterminer analytiquement en fonction de $g, l, M, \theta_1, \alpha_1$ et α_2 , l'expression littérale de C_{m01} lors de la phase de maintien statique. Effectuez l'application numérique (avec $\alpha_1 = 70^\circ$ et $\alpha_2 = -70^\circ$).

Correction

- On isole l'ensemble (1+2+3+4).
- On réalise le bilan des actions mécaniques :
 - action de la liaison pivot de 0 sur 1 : $\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, 0 \rightarrow 1) \vec{z}_1 = 0$.
 - action du moteur 0 sur 1 : $\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, 0_m \rightarrow 1) \vec{z}_1 = C_{m01}$.
 - action de la pesanteur sur E : $\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, \text{pes} \rightarrow E) \vec{z}_1$:

$$\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, \text{pes} \rightarrow E) \vec{z}_1 = \underbrace{\overrightarrow{\mathcal{M}}(G, \text{pes} \rightarrow E) \vec{z}_1}_{\vec{0}} + \overrightarrow{OG} \wedge (-Mg \vec{z}_0) \cdot \vec{z}_1 = -Mgl (\vec{z}_2 \wedge \vec{z}_0) \cdot \vec{z}_1 = -Mgl (\vec{z}_0 \wedge \vec{z}_1) \cdot \vec{z}_2$$

$$\vec{z}_2 = -Mgl \sin \alpha_1 (\vec{x}_0 \cdot \vec{z}_2) = -Mgl \sin \alpha_1 (\vec{x}_0 \cdot (\cos \alpha_2 \vec{z}_1 - \sin \alpha_2 \vec{y}_1)) = Mgl \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \cos \left(\frac{\pi}{2} + \theta_1 \right) = Mgl \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \sin \theta_1$$
 - action de l'organe sur (4) : $\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, \text{ext} \rightarrow 4) \vec{z}_1 = \vec{0}$.
- On applique le théorème du moment statique en O en projection sur \vec{z}_1 :

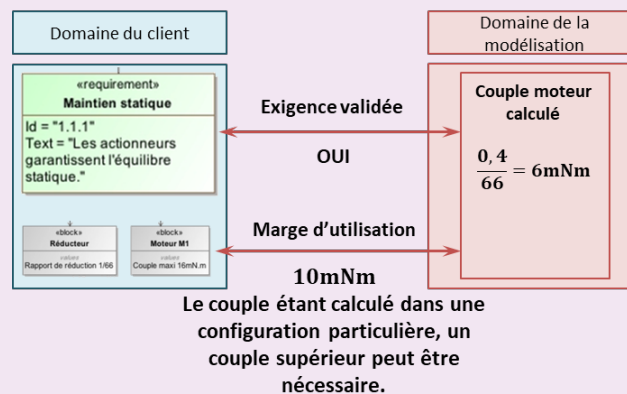
$$C_m + Mgl \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \sin \theta_1 = 0.$$

On réalise l'application numérique : $C_m = -Mgl \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \sin \theta_1 = -1,3 \cdot 9,8 \cdot 0,05 \cdot \sin 70 \sin -70 \sin 45 = 0,4 \text{ Nm}$.

Retour sur la cahier des charges

Question 4 En utilisant le diagramme de blocs et les résultats précédents, vérifier que l'exigence 1.1.1 peut être satisfaite. Remplir le diagramme suivant.

Correction Le couple en sortie de réducteur est de $16 \cdot 10^{-3} \cdot 66 = 1,056 \text{ Nm}$ ce qui est supérieur au couple nécessaire calculé à la question précédente. L'exigence 1.1.1 est donc validée.



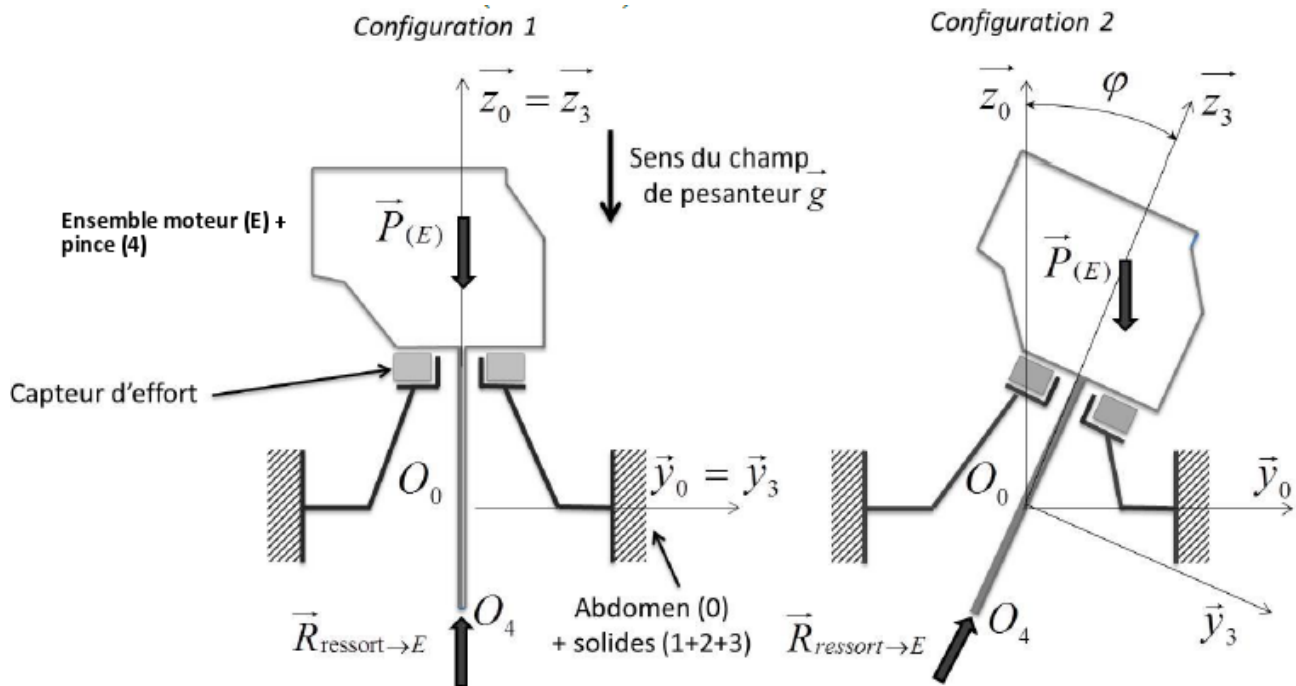
Pour aller plus loin : Validation des performances de l'asservissement d'effort

Lors du retrait de la vésicule, il est nécessaire de maintenir un effort constant en bout de pince (4). Pour cela, on réalise un asservissement d'effort de l'axe en translation.

Objectif Valider le positionnement du capteur d'effort et justifier la nécessité de faire une compensation de pesanteur.

L'ensemble (E) contient ici la totalité de la transmission d'effort de la pince (4), moteur M4 compris. Dans cette partie, on simplifiera le modèle de contact entre abdomen et pince en retenant une liaison libre. Pour deux configurations géométriques distinctes, le montage du capteur d'effort peut être modélisé par les schémas cinématiques simplifiés

ci-dessous.



Un ressort simulant la vésicule biliaire (raideur du ressort similaire à la raideur de la vésicule) est installé en bout de pince.

Hypothèses

- Le problème est plan.
- Étant données les faibles vitesses et accélérations envisagées, une étude quasi-statique est suffisante.
- Les actions mécaniques de pesanteur sur (E) ne peuvent pas être négligées face aux actions mécaniques mises en jeu lors d'une opération. On notera leur résultante $\vec{P}_{(E)}$.
- Le capteur d'effort assure la liaison entre l'ensemble (0+1+2+3) et (E). Le capteur sera donc toujours en contact avec ces deux ensembles.

Modélisation des actions mécaniques

- L'action mécanique qu'exerce le ressort sur l'ensemble (E) est modélisée par un glisseur noté $\{\mathcal{T}(\text{Ressort} \rightarrow E)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{R}(\text{Ressort} \rightarrow E) \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{O_4}$ où O_4 est le point de contact entre la pince (4) et le ressort.
- L'action mécanique, mesurée par le capteur, liée à sa liaison avec l'ensemble (E), est modélisée par $\{\mathcal{T}(\text{Capteur} \rightarrow E)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{R}(\text{Capteur} \rightarrow E) \\ \mathcal{M}(O_4, \text{Capteur} \rightarrow E) \end{array} \right\}_{O_4}$. La résultante sera notée $\vec{R}(\text{Capteur} \rightarrow E) = F_z \vec{z}_3 + F_y \vec{y}_3$. Seules ces deux composantes seront prises en compte par la suite.

Pour que la résultante de l'action mécanique mesurée par le capteur soit égale à la résultante de l'action mécanique que génère le ressort sur (E), il faut compenser la résultante de l'action mécanique de pesanteur.

Question 5 Pour la configuration 1 et par la méthode de votre choix, définir l'expression de F_z et F_y en fonction des autres actions mécaniques utiles. Commenter le résultat obtenu et la capacité du capteur à mesurer seulement les actions mécaniques générées par la pince sur le ressort.

Correction

La compensation de pesanteur revient à faire prendre en compte par le calculateur, en temps réel, la valeur des actions mécaniques de pesanteur quelle que soit la configuration géométrique du MC²E. On pourra alors connaître, à partir de la mesure du capteur d'effort, l'action mécanique exercée par la pince (4) sur le ressort.

Pour comprendre le traitement de l'information que devra faire le calculateur on propose une deuxième configuration géométrique (configuration 2) du MC²E.

Question 6 Dans la configuration 2, définir l'expression de F_z et F_y en fonction des autres actions mécaniques utiles. Pour réaliser la compensation, quels sont les paramètres à connaître en temps réel?

Correction

Le montage d'essai suivant a été mis en place. Cet essai, réalisé sans interaction entre le ressort et la pince (4), a permis d'obtenir les valeurs expérimentales suivantes mesurées par le capteur :

Configuration 1		Configuration 2	
$ F_y $	$ F_z $	$ F_y $	$ F_z $
0.0222 N	12.753 N	4.382 N	11.999 N

Question 7 Quelles devraient être les valeurs numériques de F_y et F_z renvoyées par le capteur dans les deux configurations ?

Correction

Question 8 Estimer la précision de mesure en pourcents. Pour réaliser la compensation de pesanteur, comment doivent être utilisées ces grandeurs mesurées ?

Correction