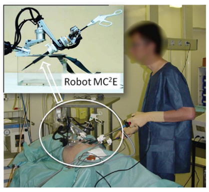
# TD 01




## Micromanipulateur compact pour la chirurgie endoscopique (MC²E)

*Concours Commun Mines Ponts 2016*

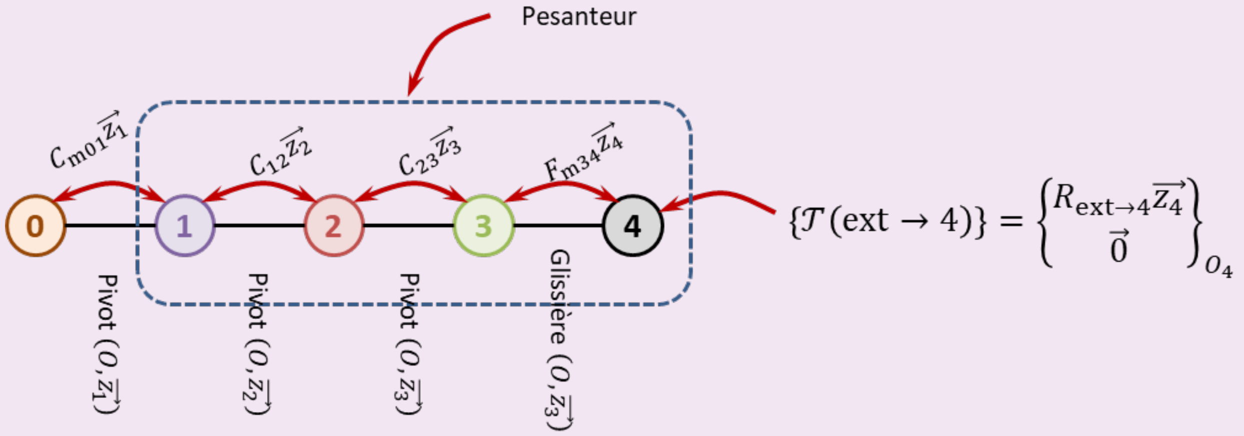
***Savoirs et compétences :***

## 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 $\overrightarrow{z_4}$.
2. Pour déterminer $C_{m23}$ on isole l'ensemble **(3+4)** et on applique le théorème du moment statique en $O$ en projection sur $\overrightarrow{z_3}$.
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 $\overrightarrow{z_2}$.
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 $\overrightarrow{z_1}$.

### Modélisation simplifiée

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

**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 : $\overrightarrow{\mathcal{M}(O,0\to 1)}\overrightarrow{z_1} = 0$.
  - action du moteur 0 sur 1 : $\overrightarrow{\mathcal{M}(O,0_m\to 1)}\overrightarrow{z_1} = C_{\text{m01}}$.
  - action de la pesanteur sur $E$ : $\overrightarrow{\mathcal{M}(O,\text{pes}\to E)}\overrightarrow{z_1}$ :
    $\overrightarrow{\mathcal{M}(O,\text{pes}\to E)}\overrightarrow{z_1} = \underbrace{\overrightarrow{\mathcal{M}(G,\text{pes}\to E)}\overrightarrow{z_1}}_{\overrightarrow{0}} + \overrightarrow{OG}\wedge\left(-Mg\overrightarrow{z_0}\right)\cdot\overrightarrow{z_1} = -Mg\ell\left(\overrightarrow{z_2}\wedge\overrightarrow{z_0}\right)\cdot\overrightarrow{z_1} = -Mg\ell\left(\overrightarrow{z_0}\wedge\overrightarrow{z_1}\right)\cdot$
    $\overrightarrow{z_2} = -Mg\ell\sin\alpha_1\left(\overrightarrow{x_0}\cdot\overrightarrow{z_2}\right) = -Mg\ell\sin\alpha_1\left(\overrightarrow{x_0}\cdot\left(\cos\alpha_2\overrightarrow{z_1} - \sin\alpha_2\overrightarrow{y_1}\right)\right) = Mg\ell\sin\alpha_1\sin\alpha_2\cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_1\right) =$
    $Mg\ell\sin\alpha_1\sin\alpha_2\sin\theta_1$.
  - action de l'organe sur **(4)** : $\overrightarrow{\mathcal{M}(O,\text{ext}\to 4)}\overrightarrow{z_1} = \overrightarrow{0}$.
- On applique le théorème du moment statique en $O$ en projection sur $\overrightarrow{z_1}$ :

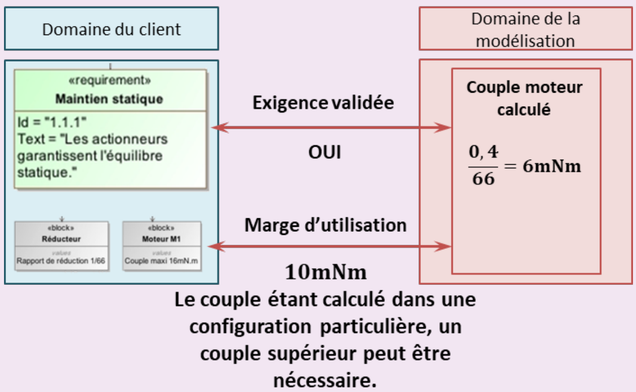
$$C_m + Mg\ell\sin\alpha_1\sin\alpha_2\sin\theta_1 = 0.$$

On réalise l'application numérique : $C_m = -Mg\ell\sin\alpha_1\sin\alpha_2\sin\theta_1 = -1,3\cdot 9,8\cdot 0,05\cdot\sin 70\sin -70\sin 45 = 0.4\,\text{Nm}$.

### 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.

**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**

**Méthode** Dans la configuration 1, $\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{z_3}$ et $\overrightarrow{y_0} = \overrightarrow{y_3}$. On cherche des expressions suivant $\overrightarrow{z_0}$ et $\overrightarrow{y_0}$. Appliquer le théorème de la résultante statique suivant $\overrightarrow{y_0}$ et $\overrightarrow{z_0}$ devrait permettre de conclure.

- On isole **(E)**.
- On réalise le bilan des actions mécaniques :
  - actions de pesanteur sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{P}_{(E)} = -P\overrightarrow{z_0}$ ;
  - actions du ressort sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{R(\text{Ressort} \to E)} = -F_{R\to E}\overrightarrow{z_0}$ ;
  - actions du capteur sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{R\left(\text{Capteur} \to E\right)} = F_z\overrightarrow{z_0} + F_y\overrightarrow{y_0}$.
- On applique le théorème de la résultante statique suivant $\overrightarrow{y_0}$ et $\overrightarrow{z_0}$ et on obtient :
  - $F_y = 0$.
  - $F_z = P - F_{R\to E}$.

Le capteur doit mesurer les actions de la pince sur le ressort. Or ici, l'effort va aussi dépendre du points de l'ensemble. Dans cette configuration, le capteur ne permet donc pas de dissocier l'effort de l'abdomen du poids du système.

**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**

**Méthode** Dans la configuration 2, appliquer le théorème de la résultante statique suivant $\overrightarrow{y_3}$ et $\overrightarrow{z_3}$ devrait permettre de conclure.

- On isole **(E)**.
- On réalise le bilan des actions mécaniques :
  - actions de pesanteur sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{P}_{(E)} = -P\overrightarrow{z_0} = -P\left(\cos\varphi\,\overrightarrow{z_3} - \sin\varphi\,\overrightarrow{y_3}\right)$ ;
  - actions du ressort sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{R(\text{Ressort} \to E)} = -F_{R\to E}\overrightarrow{z_3}$ ;
  - actions du capteur sur **(E)** de résultante $\overrightarrow{R\left(\text{Capteur} \to E\right)} = F_z\overrightarrow{z_3} + F_y\overrightarrow{y_3}$.
- On applique le théorème de la résultante statique suivant $\overrightarrow{y_3}$ et $\overrightarrow{z_3}$ et on obtient :
  - $F_y = -P\sin\varphi$.
  - $F_z = P\cos\varphi - F_{R\to E}$.

Si $\varphi$ est une valeur connue, la mesure suivant $\overrightarrow{y_3}$ permet de déterminer le poids de l'ensemble. Connaissant $P$, la mesure suivant $\overrightarrow{z_3}$ permet alors de déterminer l'action mécanique du ressort.

## Retour sur le cahier des charges

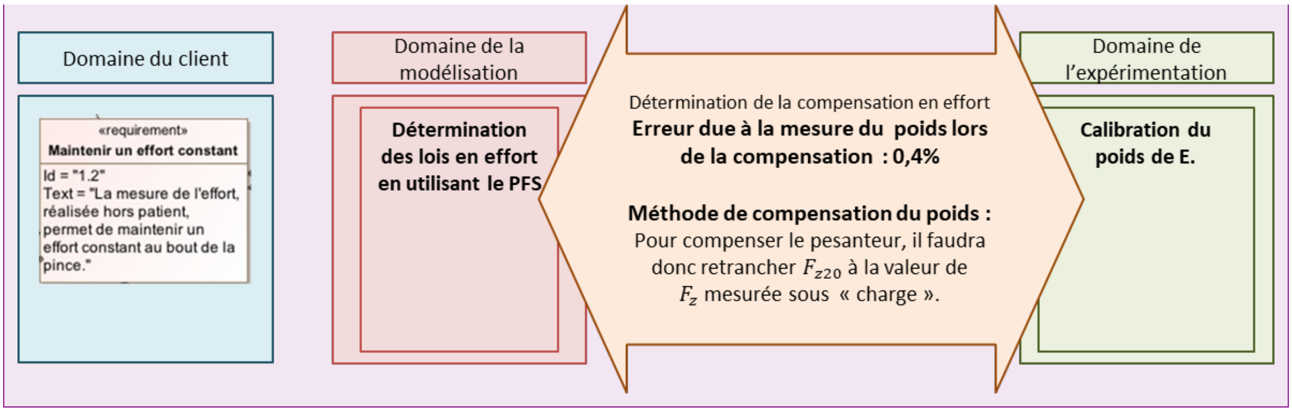
**Question 7** *Estimer la valeur du poids. Donner une estimation de la fiabilité sur la détermination du poids par les capteurs d'efforts. Pour réaliser la compensation de pesanteur, comment doivent être utilisées ces grandeurs mesurées ?*

**Correction**

On ne connaît pas le poids de l'ensemble qui devrait être une donnée. On va donc le déduire du montage expérimental. En utilisant les expressions de la question précédente, on déduit que $P \simeq 12.753\,\text{N}$ .

Dans la seconde configuration, on a $|P| = \dfrac{|F_{y20}|}{\sin\varphi} = \dfrac{4,382}{\sin 20} \simeq 12.81\,\text{N}$ ou $|P| = \dfrac{|F_{z20}|}{\cos\varphi} = \dfrac{11,999}{\cos 20} \simeq 12.77\,\text{N}$.

Ainsi, une estimation de l'erreur peut être donnée par : $e = \dfrac{12,81 - 12,753}{12,753} \simeq 0,4\%$


Domaine du client
«requirement»
Maintenir un effort constant
Id = "1.2"
Text = "La mesure de l'effort, réalisée hors patient, permet de maintenir un effort constant au bout de la pince."
Domaine de la modélisation
Détermination des lois en effort en utilisant le PFS
Détermination de la compensation en effort
Erreur due à la mesure du poids lors de la compensation : 0,4%
Méthode de compensation du poids :
Pour compenser le pesanteur, il faudra donc retrancher $F_{z20}$ à la valeur de $F_z$ mesurée sous « charge ».
Domaine de l'expérimentation
Calibration du poids de E.