

TP équilibre d'une lampe de bureau articulée

Compétences évaluées durant le TP :

Analyser	Modéliser	Résoudre	Expérimenter	Concevoir	Communiquer
----------	-----------	----------	--------------	-----------	-------------

Objectifs du TP : dimensionner en effort les actionneurs d'un système complexe à l'équilibre.

Description du système sans actionneurs :

Le système étudié contient onze solides. Il y a le socle (0), fixe, de repère associé $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Le solide (1), de repère associé $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, est en liaison pivot en O avec le solide (0), tel que $\vec{z}_1 = \vec{z}_0$ et $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = \theta_1$.

L'ensemble des solides {11, 12, 2}, de repère associé $R_2 = (A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, constitue un parallélogramme déformable tel que $\vec{y}_2 = \vec{y}_1$ et $(\vec{x}_1, \vec{x}_2) = \alpha_1$. Le solide (11) est relié au solide (1) en A et au solide (2) en B. Le solide (12) est relié au solide (1) en D et au solide (2) en C.

L'ensemble des solides {21, 22, 3}, de repère associé $R_3 = (E, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$, constitue un second parallélogramme déformable tel que $\vec{y}_3 = \vec{y}_2$ et $(\vec{x}_2, \vec{x}_3) = \alpha_2$. Le solide (21) est relié au solide (2) en E et au solide (3) en F. Le solide (22) est relié au solide (2) en H et au solide (3) en G.

Le solide (4), de repère associé $R_4 = (I, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$, est en liaison pivot en I avec le solide (3), tel que $\vec{y}_4 = \vec{y}_3$ et $(\vec{x}_3, \vec{x}_4) = \alpha_3$.

Le solide (5) est en liaison pivot avec le solide (4) et le solide (6) est en liaison avec le solide (5). Dans ce TP, ces deux dernières rotations ne seront pas étudiées. On considérera alors l'ensemble {4, 5, 6} comme un seul solide avec en son extrémité le point J.

Dans l'étude proposée, il n'est pas nécessaire de considérer les pièces 12 et 22. D'autre part, l'ensemble des liaisons sont considérées comme parfaite.

On définit les paramètres caractéristiques suivants (voir image page 3 et 4) :

$$\vec{OA} = l_1 \cdot \vec{z}_1 \qquad \vec{EF} = l_4 \cdot \vec{x}_3 \qquad \vec{BE} = K_1 \cdot \vec{x}_1 + K_2 \cdot \vec{z}_1$$

$$\vec{AB} = l_3 \cdot \vec{x}_2 \qquad \vec{IJ} = l_5 \cdot \vec{x}_4 \qquad \vec{FI} = K_5 \cdot \vec{x}_1 - K_6 \cdot \vec{z}_1$$

Les différentes dimensions sont données dans le tableau ci-dessous en centimètre :

$l_1 = 2$	$l_3 = 32$	$l_4 = 32$	$l_5 = 35$	$K_1 = 3$	$K_2 = 2$	$K_5 = 3,5$	$K_6 = 1$
-----------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-------------	-----------

Intégration d'actionneurs :

Afin de s'amuser un peu (puisque c'est le dernier TP de S.I.I du semestre 1), nous allons reconcevoir de façon théorique cette lampe ! Pour rendre cette lampe un peu plus futuriste, nous allons y ajouter des actionneurs qui permettront de piloter la position de la lampe. On intègre alors dans ce mécanisme les trois actionneurs suivants :

- un moteur 1 placé au niveau de la liaison pivot entre 1 et 11 délivrant un couple C_1 ;
- un vérin délivrant un force F_1 au point N, rattaché à la pièce 11 et 21 en leur milieu, au point M et N tel que $\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{AB}/2$ et $\overrightarrow{EN} = \overrightarrow{EF}/2$;
- un ensemble moteur 2 + vis-écrou délivrant un force F_2 en P. Cet ensemble est rattaché à la pièce 21 et 6 en leur milieu, au point N et P tel que $\overrightarrow{IP} = \overrightarrow{IJ}/2$.

Dans ce système, les actions mécaniques délivrées par les différents actionneurs permettent de déplacer et maintenir le système à l'équilibre. Ces actionneurs permettent alors de lutter contre les actions mécaniques de pesanteur. On considérera dans cette étude dans un premier temps uniquement la masse de la pièce 6 qui vaut $M_6 = 200 \text{ g}$. Le centre de gravité de la pièce 6 se situe au niveau du point P.

Déroulement du TP (rendre compte rendu à la fin des 2h):

1. Proposer un graphe de structure de la lampe sans considérer la rotation du solide (1) par rapport à (0) et en considérant {4,5,6} comme un seul solide.
2. Faire apparaître les actions mécaniques des trois actionneurs et de la pesanteur sur le schéma cinématique. Faire apparaître également les paramètres angulaires.

Faites valider la question 1 et 2 par votre professeur.

3. Ecrire le torseur de l'action mécanique de pesanteur.
4. Ecrire les différents torseurs des actions mécaniques de liaison entre 1 et 11, entre 2 et 21 puis entre 3 et {4,5,6}.
5. Proposer un isolement permettant de déterminer l'effort F_2 du moteur 2+ vis-écrou, nécessaire pour maintenir le système à l'équilibre. Déterminer l'expression de cet effort (pour simplifier les calculs, on pourra considérer $\overrightarrow{NP} \approx \overrightarrow{NF} + \overrightarrow{IP}$).
6. Définir la position qui nécessite l'effort max du moteur 2+ vis-écrou. Faire l'application numérique.
7. En considérant un pas de vis $p = 1 \text{ mm}$, déterminer le couple maximale $C_{2 \text{ max}}$ du moteur 2.
8. Déterminer les actions mécaniques au niveau de la liaison entre 3 et {4,5,6}. Analyser le résultat
9. Proposer un isolement permettant de déterminer l'effort F_1 du vérin nécessaire pour maintenir le système à l'équilibre. Déterminer l'expression de cet effort (pour simplifier les calculs, on pourra considérer $\overrightarrow{MN} \approx \overrightarrow{MB} + \overrightarrow{EN}$).
10. Définir la position qui nécessite l'effort le plus important du vérin. Faire l'application numérique.
11. Proposer un isolement permettant de déterminer le couple C_1 du moteur 1 nécessaire pour maintenir le système à l'équilibre. Déterminer la valeur de ce couple.
12. Définir la position qui nécessite le couple maximal du moteur 1. Faire l'application numérique.
13. Reprendre le calcul de l'effort F_2 du vérin 2 en prenant en compte la masse des pièces 2 et 3 qui vaut 40g. Analyser la différence entre les deux valeurs calculées pour la force F_2 .



