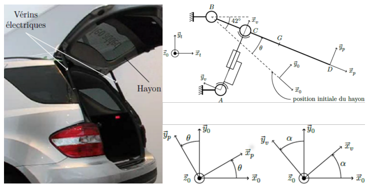
TD 0 : Modélisation d'un hayon de coffre électrique – Corrigé

Concours Centrale Supelec TSI 2013.

B2-14

C1-05

C2-07

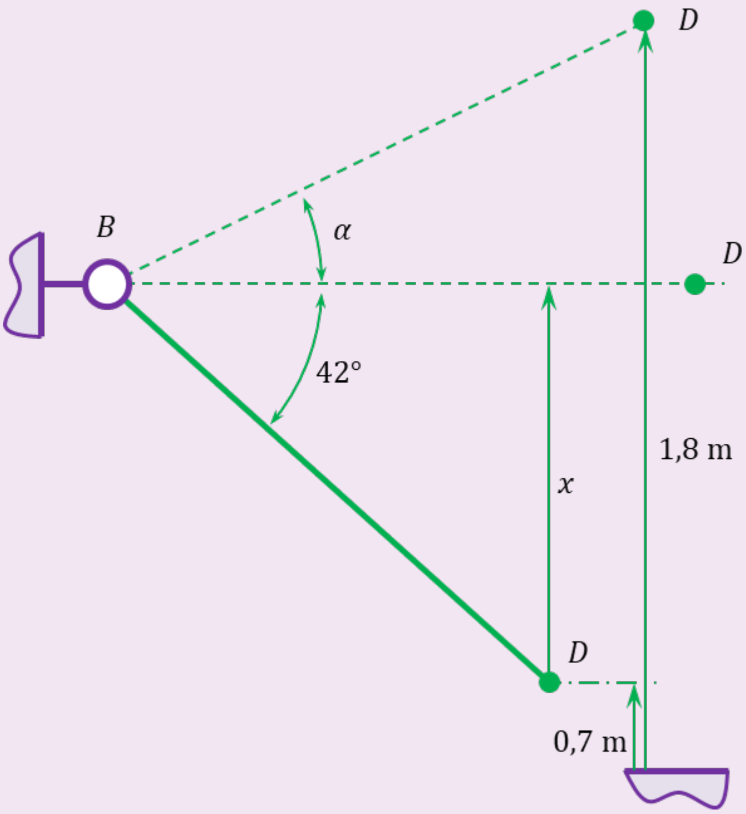


Mise en situation

Caractéristiques géométriques du vérin

Question 1 Déterminer l'angle d'ouverture maximal.

Correction



D'une part, $x = d \sin 42 \simeq 0{,}67\,\text{m}$. D'autre part, $\sin\alpha = \dfrac{1,8 - 0,7 - x}{d} = 0,43$. Au final $\alpha = 25,5°$.
L'angle d'ouverture est donc de $67,5°$.

Question 2 Déterminer la longueur du vérin L en fonction de l'angle d'ouverture du coffre θ.

Correction

La longueur du vérin est donnée par la valeur de L. En réalisant la fermeture géométrique, on a $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \overrightarrow{0} \Leftrightarrow -a\overrightarrow{x_0} + b\overrightarrow{y_0} + c\overrightarrow{x_p} - L\overrightarrow{x_v} = \overrightarrow{0}$.

En projetant l'équation vectorielle dans $\mathcal{R}_0$, on a :

$$\left\{\begin{array}{l} -a + c\cos\theta - L\cos\alpha = 0 \\ b + c\sin\theta - L\sin\alpha = 0 \end{array}\right.$$

On a donc $L^2 = (-a + c\cos\theta)^2 + (b + c\sin\theta)^2$.

Question 3 Déterminer les valeurs extrêmes de L, ainsi que la course du vérin.

Correction

La longueur du vérin varie de 43,3 cm à 56,5 cm soit une course de 13,2 cm.

Dimensionnement des caractéristiques du ressort

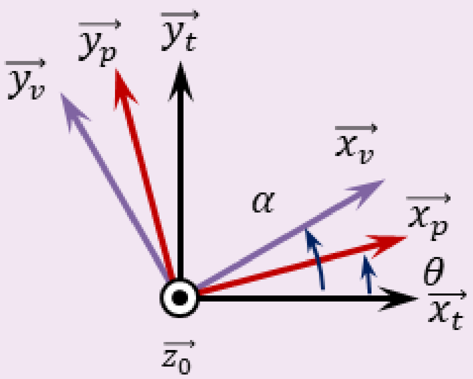
Question 4 Déterminer l'effort F exercé par chacun des vérins sur la porte de coffre en fonction de θ, α et des constantes du problème.

Correction

On isole le corps et le piston du vérin. L'ensemble est soumis à deux actions mécaniques (liaisons sphériques en A et C). D'après le PFS, cette action mécanique est donc suivant Ces deux actions mécaniques sont donc de même direction (le vecteur $\overrightarrow{x_v}$), de même norme et de sens opposé.
On isole le hayon h.
On réalise le BAME :

- action mécanique du vérin v : $\{\mathcal{T}(v \to h)\} = \left\{\begin{array}{c} F_v\overrightarrow{x_v} \\ \overrightarrow{0} \end{array}\right\}_C$;
- action de la pesanteur : $\{\mathcal{T}(\text{pes} \to h)\} = \left\{\begin{array}{c} -Mg\overrightarrow{y_t} \\ \overrightarrow{0} \end{array}\right\}_G$;
- action de la pivot en B : $\{\mathcal{T}(0 \to h)\}$.

On cherche à connaître l'action du vérin en fonction des actions de pesanteur. On réalise donc le théorème du moment statique en B en projection sur $\overrightarrow{z_0}$:
$\left(\overrightarrow{0} + \overrightarrow{BC} \wedge F_v\overrightarrow{x_v} + \overrightarrow{0} + \overrightarrow{BG} \wedge -Mg\overrightarrow{y_t}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{0} \Rightarrow \left(c\overrightarrow{x_p} \wedge F_v\overrightarrow{x_v} + \lambda\overrightarrow{x_p} \wedge -Mg\overrightarrow{y_t}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{0}$



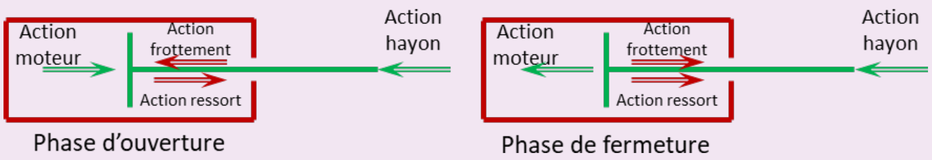
$$\Leftrightarrow cF_v\sin(\alpha - \theta) - \lambda Mg\cos\theta = 0$$

$$F_v = \frac{\lambda Mg\cos\theta}{c\sin(\alpha - \theta)}.$$

Dans le cas où on considère les deux vérins, on aura $F_1 = F_2 = F_v/2$.

Question 5 Déterminer la raideur k du ressort et sa longueur à vide L_0 de manière à obtenir une situation d'équilibre sur la plus grande plage de fonctionnement. Préciser votre démarche.

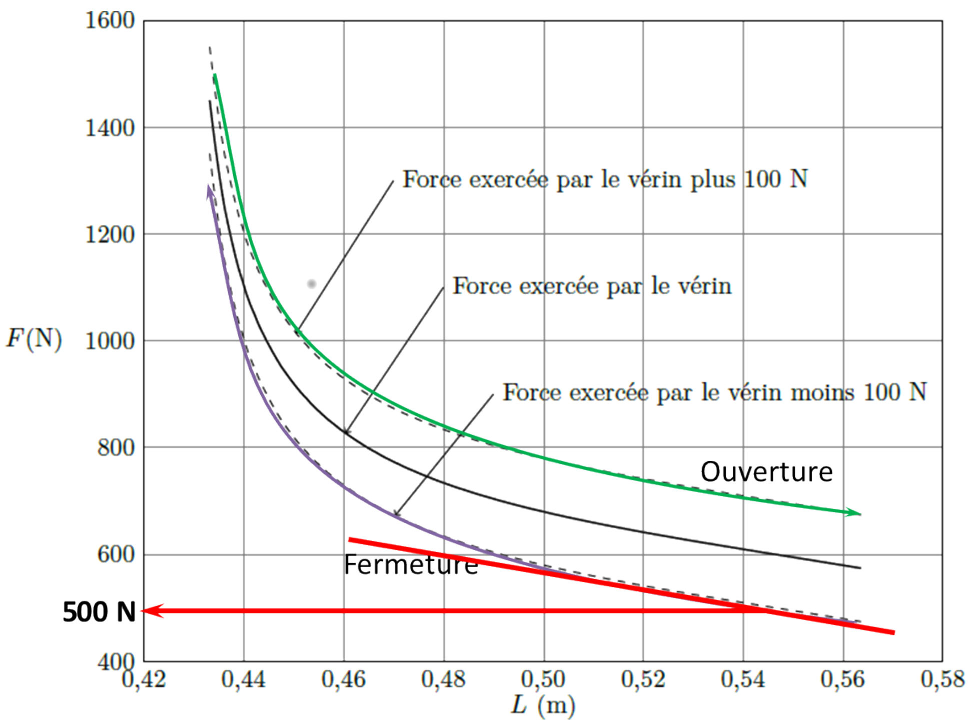
Correction



Si on isole la tige du vérin :

- en phase d'ouverture, le TRS s'exprime par : $F_m + F_r - F_f - F_h = 0 \Leftrightarrow F_r = F_f + F_h - F_m$;
- en phase de fermeture, le TRS s'exprime par : $-F_m + F_r + F_f - F_h = 0 \Leftrightarrow F_r = -F_f + F_h + F_m$;

La plage de fonctionnement la plus large est située entre 0,5 m et 0,56 m. La pente est la même pour les 3 courbes. Elle est d'environ $k = \dfrac{100}{0,06} \simeq 1667\,\mathrm{N\,m^{-1}}$.
En phase de fermeture, lorsque le vérin est déployé, la précharge permettant d'assurer l'équilibre est d'environ 500 N. L'écrasement est donc de 300 mm environ.



Question 6 Déterminer le couple moteur maximal en phase d'ouverture puis en phase de fermeture.

Correction

En phase d'ouverture, le couple maximal est de 4×10^{-3} Nm. En phase de fermeture il est de $3,5 \times 10^{-3}$ Nm.

Réglage de la fonction sécurité des personnes

Question 7 Déterminer l'expression littérale puis la valeur numérique de ΔF l'accroissement de la force qu'exerce chacun des vérins sur la porte de hayon.

Correction

On isole le hayon et on réalise le BAME. Le théorème du moment statique en B en projection sur $\overrightarrow{z_0}$:
$\left(\overrightarrow{0}+\overrightarrow{BC}\wedge -2\Delta F\overrightarrow{x_v}+\overrightarrow{0}+\overrightarrow{BD}\wedge F_{\text{pinc}}\overrightarrow{y_0}\right)\cdot\overrightarrow{z_0}=\overrightarrow{0}\Rightarrow\left(c\overrightarrow{x_0}\wedge -2\Delta F\overrightarrow{x_v}+d\overrightarrow{x_0}\wedge F_{\text{pinc}}\overrightarrow{y_0}\right)\cdot\overrightarrow{z_0}=\overrightarrow{0}\Rightarrow -c2\Delta F\sin\alpha+dF_{\text{pinc}}=0\Rightarrow\Delta F=\dfrac{dF_{\text{pinc}}}{c2\sin\alpha}$.
AN : Pour $\theta=0$, $\tan\alpha=\dfrac{b}{-a+c}=\dfrac{0,14}{-0,55+0,14}=-0,34\Rightarrow\alpha\simeq-18,8°.\Rightarrow\Delta F=\dfrac{40}{2\cdot 0,14\sin\alpha}=-443\,\text{N}$.

La constante de couple du moteur est donnée par $K_t=9{,}5\times10^{-3}\,\text{NmA}^{-1}$.

Question 8 En déduire la valeur numérique de l'accroissement ΔC_m de couple moteur en fonction de la présence d'un obstacle. Déterminer l'intensité maximale du courant dans le moteur lors d'un pincement.

Correction

On a $|\Delta C_m|=\rho\,|\Delta F|$ avec $\rho=7{,}89\times10^{-5}\,\text{m}$. En conséquence : $|\Delta C_m|=443\cdot 7,89\cdot10^{-5}=35\,\text{mNm}$.
En fin de fermeture, $C_m=2{,}5\times10^{-3}\,\text{Nm}$. En conséquence $I_{\text{max}}=\dfrac{C_{\text{max}}}{K_t}=\dfrac{C_m+\Delta C_m}{K_t}=\dfrac{2,5\cdot10^{-3}+35\cdot10^{-3}}{9,5\cdot10^{-3}}=3{,}95\,\text{A}$.

Synthèse

Question 9 Réaliser un poster permettant de synthétiser comment les caractéristiques des composants ont été déterminés.