

CPGE
PTSI-PT
Lycée Jean Zay - Thiers

PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE

TD

Compétences visées: B2-16, C1-05, C2-07

v1.3

Lycée Jean Zay - 21 rue Jean Zay - 63300 Thiers - Académie de Clermont-Ferrand

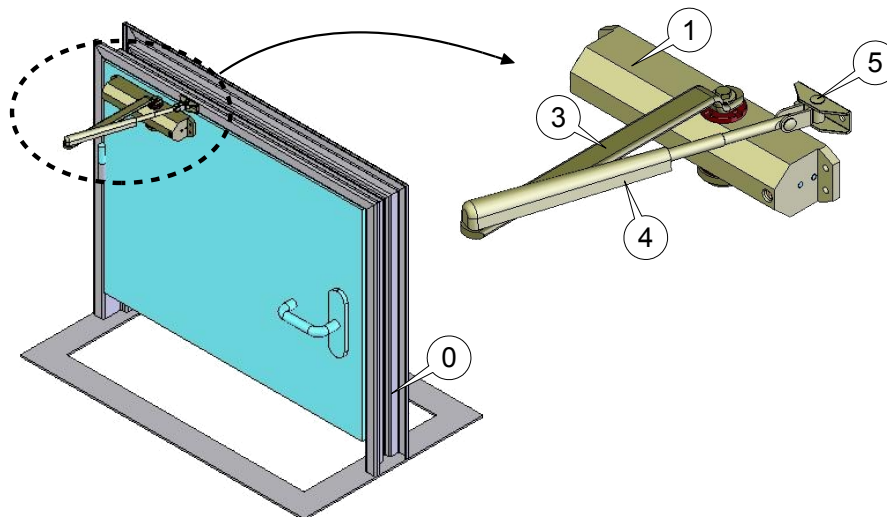
FERME PORTE

1 Présentation

On étudie un ferme-porte de la marque *Groom*. Ce mécanisme fixé sur le haut d'une porte permet de refermer celle-ci « automatiquement » après le passage d'une personne.

Le système est constitué d'une tige réglable **4** articulée avec le cadre de la porte **0** fixe par l'intermédiaire d'une patte de fixation **5** et d'une bielle **3** en liaison avec le corps **1** du ferme-porte vissé sur la porte.

À l'intérieur du corps, une roue dentée est fixée sur cette bielle et engrène avec une crémaillère **2** en liaison glissière avec le corps du ferme-porte.



On distingue deux phases de fonctionnement du ferme-porte :

- lors de la phase d'ouverture, le pignon lié à la bielle est entraîné en rotation par celle-ci sous l'action de l'utilisateur qui ouvre la porte. La crémaillère se déplace en translation vers la gauche. Le ressort est comprimé.

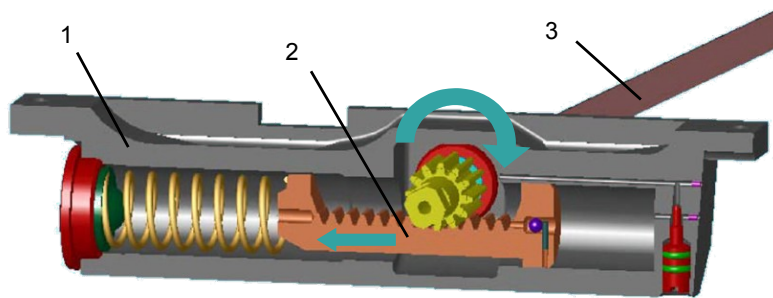


FIGURE 1 – Phase d'ouverture : Compression du ressort

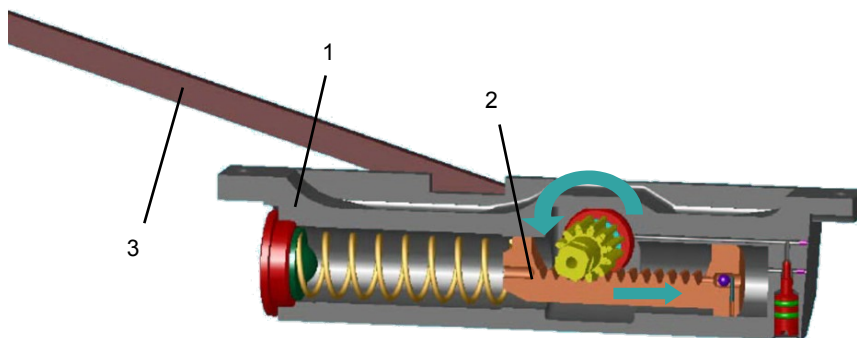


FIGURE 2 – Phase de fermeture : Rotation de la biellette par action du ressort

- lors de la phase de fermeture, la crémaillère est ramenée vers la droite par l'action du ressort. Le pignon et la biellette sont entraînés en rotation.

De plus, lors de la fermeture de la porte, une circulation d'huile à l'intérieur du corps permet d'amortir le mouvement de la porte. Le réglage de la vitesse de fermeture de la porte est réalisé en agissant sur une vis qui fait varier le débit d'huile.

Outre la fonction principale, le système doit également répondre à différentes fonctions contraintes, notamment celle de permettre une ouverture aisée de la porte. Pour cela, un critère à respecter est de ne pas avoir à fournir trop d'effort pour ouvrir la porte. La force maximale que devra développer l'utilisateur est fixée à $F_{\max} = 30 \text{ N}$ (au niveau de la poignée de la porte).

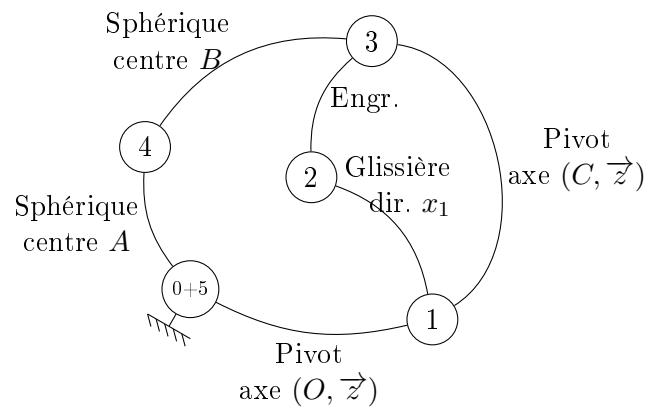
id	Exigence	Critère	Niveau
1.2	Fournir un effort modéré	Effort maximale au niveau de la poignée de la porte	30 N

2 Vérification de l'exigence 1.2

Objectif

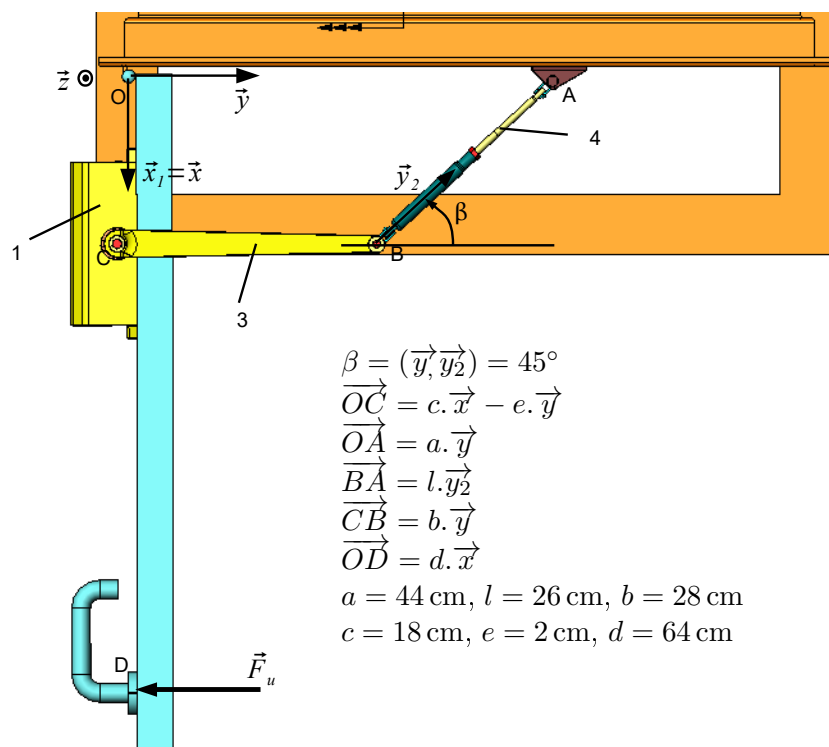
On se propose donc de relier l'effort développé par l'utilisateur lorsque la porte est complètement ouverte à l'effort exercé par le ressort qui est alors comprimé, et d'en déduire les réglages à réaliser sur le système pour ne pas dépasser la force maximale admissible.

On donne ci-dessous le graphe des liaisons du système constitué de 5 classes d'équivalence.



On se place dans le cas particulier où la porte est ouverte à 90° , l'axe x_1 associé à la porte est alors confondu avec l'axe x . On suppose, pour simplifier les calculs, que les réglages sont tels que dans cette configuration, la biellette est dirigée selon $\vec{y}$. Le paramétrage est donné sur la figure ci-dessous.

L'action de l'utilisateur sur la porte est modélisée par un glisseur : $\{\mathcal{T}_{u \rightarrow p}\}_D = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_u = -F_u \cdot \vec{y} \\ \vec{0} \end{array} \right\}$



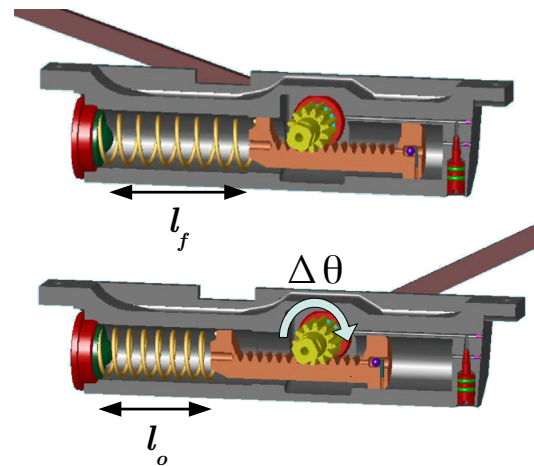
Le ressort **R** exerce sur la crémaillère une action modélisée par un glisseur de résultante $\vec{F}_{R \rightarrow 2} = -F_r \cdot \vec{x}$.

Question 1 Compléter le graphe des liaisons en mettant en place les actions mécaniques extérieures (graphe de structure).

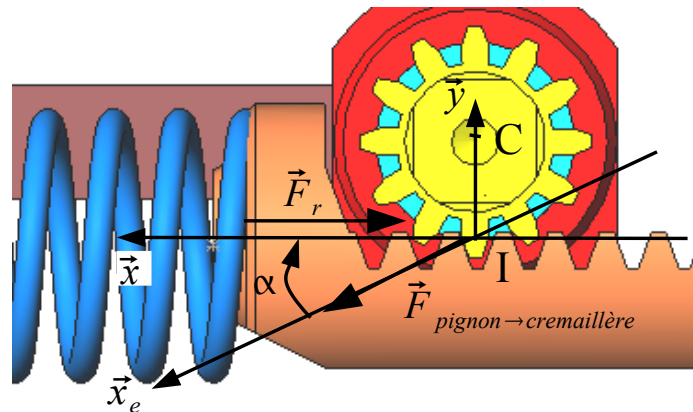
Lors de l'ouverture de la porte, le pignon a tourné d'un angle de $\Delta\theta = 180^\circ$ environ. Cette rotation est transformée en translation Δx de la crémaillère (on note le rapport de réduction $\Delta x = \frac{Zr}{360}\Delta\theta$ avec $r = 1\text{ cm}$ et $Z = 10$).

On note l_v la longueur à vide du ressort, l_f la longueur du ressort quand la porte est fermée et l_o la longueur du ressort quand la porte est ouverte. On aura ainsi $\Delta x = l_f - l_o$ quand la porte sera ouverte. On introduit la raideur k du ressort ($k = 200\text{ N/cm}$).

Question 2 En vous aidant du schéma ci-contre, donner l'expression de l'action mécanique F_r exercée par le ressort sur la crémaillère en position porte ouverte et montrer que l'action du ressort est égale à $F_r = F_f + 1000$ où on précisera l'expression de F_f (précharge du ressort, effort résiduel porte fermée) en fonction de k , l_v et l_f .



L'action au niveau de l'engrenage, exercée par le pignon sur la crémaillère, est également modélisée par un glisseur de résultante $\vec{F}_{3 \rightarrow 2} = F_e \vec{x}_e$ avec $\vec{x}_e$ dirigé selon la droite d'action inclinée d'un angle $\alpha = (\vec{x}_e, \vec{x}) = 20^\circ$.



Question 3 Isoler l'ensemble crémaillère. En écrivant **une** équation à préciser, issue du PFS, donner la relation entre F_r et F_e .

On note $\vec{B}_{3 \rightarrow 4}$ la résultante de l'action mécanique exercée par la biellette sur la tige en B, $\vec{A}_{0 \rightarrow 4}$ la résultante de l'action mécanique exercée par le bâti sur la tige en A.

Question 4 Isoler la tige et montrer en appliquant le PFS, que la résultante en A, $\vec{A}_{0 \rightarrow 4}$, est opposée à la résultante en B, $\vec{B}_{3 \rightarrow 4}$, et que ces deux résultantes sont dirigées selon (AB) . On notera alors $\vec{B}_{3 \rightarrow 4} = F_{34} \vec{y}_2$.

Question 5 Isoler **3** et déterminer **une** relation entre F_{34} et F_e (on donne $\vec{CI} = -r \cdot \vec{y}$, $r = 1\text{ cm}$) puis entre F_{34} et F_r .

Question 6 En isolant enfin l'ensemble $\Sigma = \{1+2+3+\text{ressort}\}$, donner **la** relation entre F_r et F_u .

Question 7 Faire les applications numériques et déterminer la valeur maximale de F_f à imposer au départ pour ne pas dépasser la valeur de F_u du cahier des charges.