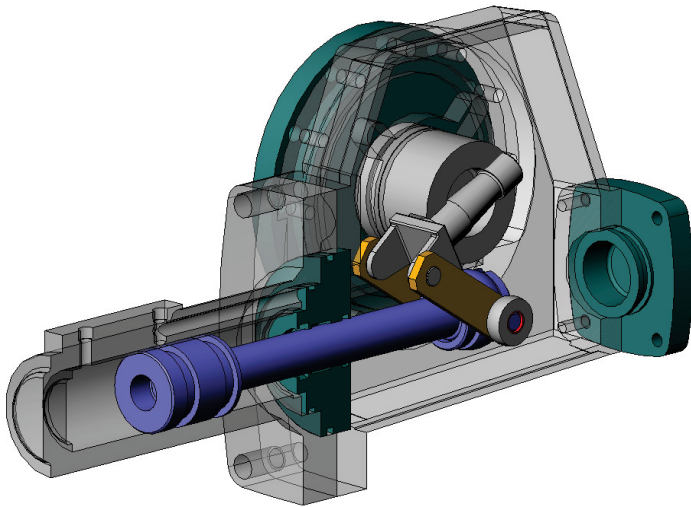


Présentation :

L'actionneur ACTO 31H de la Société AMRI permet de motoriser la manœuvre des vannes "papillon" (disques placés dans une canalisation et qui pivotent d'un 1/4 de tour pour interrompre ou permettre la circulation du fluide).



Actionneur ACTO31H (vue en coupe ci-dessus)

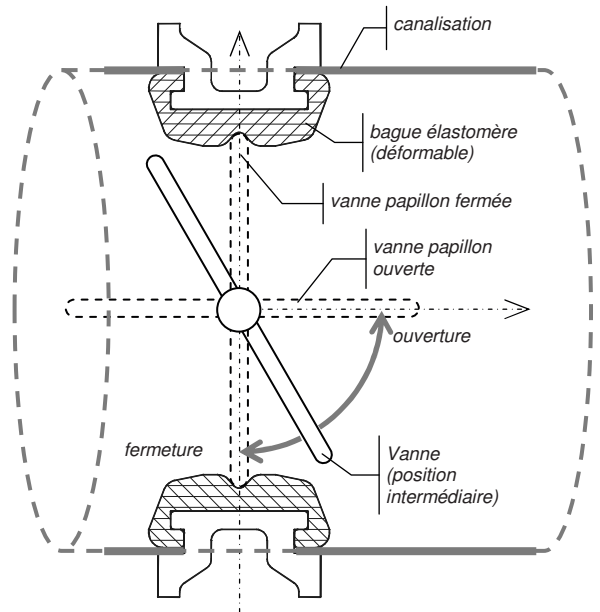
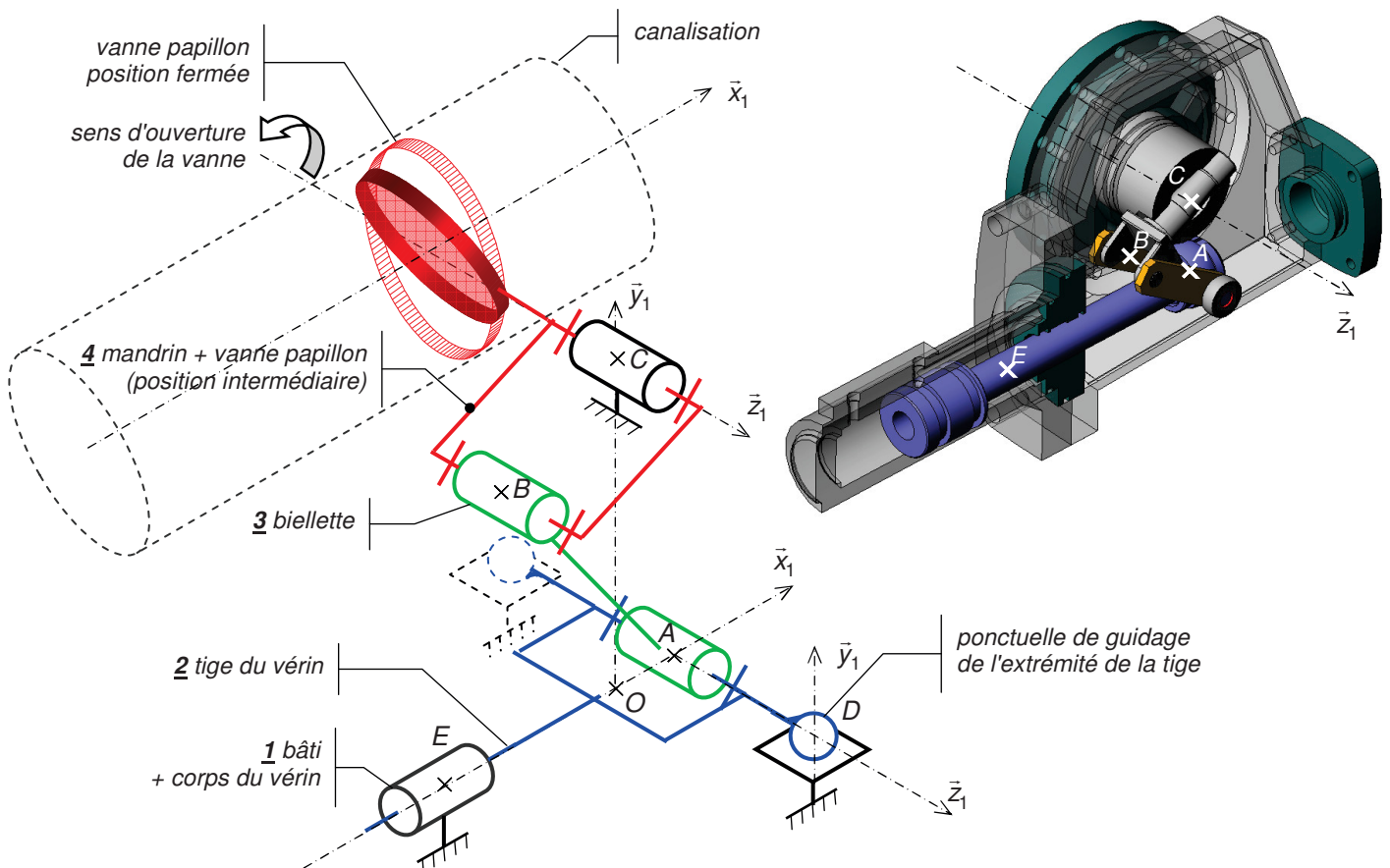


Schéma de principe (vue suivant l'axe ci-contre) →

La vanne papillon est piégée dans une bague en élastomère (qui assure l'étanchéité). La bague en élastomère comprime constamment la vanne papillon. Un vérin hydraulique double effet permet de vaincre la résistance à la rotation (d'un 1/4 de tour) de la vanne papillon dans sa bague en élastomère. La vanne est liée au mandrin **4**. La translation de la tige **2** du vérin provoque la rotation du mandrin **4** par l'intermédiaire de la biellette **3**. L'extrémité de la tige **2** du vérin est équipée de 2 galets sphériques pour guider l'extrémité du vérin et éviter le fléchissement de la tige (très en porte à faux).



Paramétrage :

Nous retiendrons un mécanisme équivalent simplifié ne comportant qu'une ponctuelle ramenée dans le plan de symétrie $(O, \bar{x}_1, \bar{y}_1)$.

$$\theta(t) = (\bar{x}_1, \bar{x}_3)$$

$$\varphi(t) = (\bar{x}_1, \bar{x}_4)$$

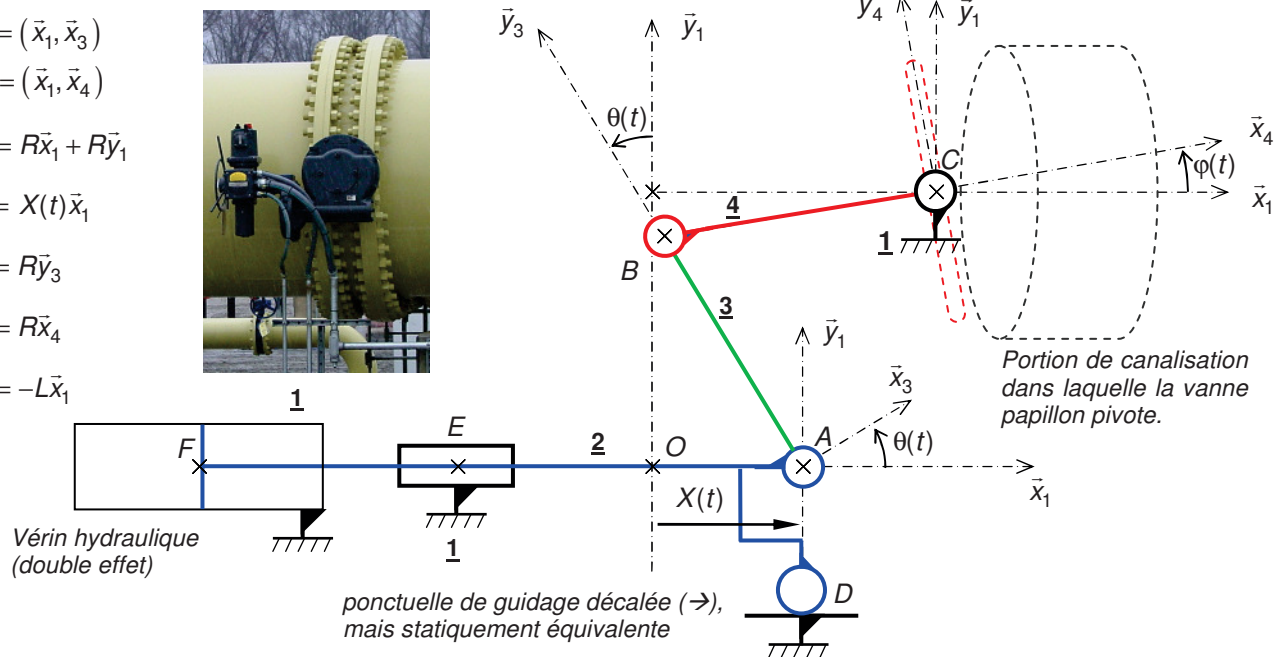
$$\vec{OC} = R\bar{x}_1 + R\bar{y}_1$$

$$\vec{OA} = X(t)\bar{x}_1$$

$$\vec{AB} = R\bar{y}_3$$

$$\vec{BC} = R\bar{x}_4$$

$$\vec{OE} = -L\bar{x}_1$$



A - Analyse géométrique du fonctionnement :

On se propose de rechercher la loi entrée-sortie de ce mécanisme de transformation de mouvement entre la position angulaire $\varphi(t)$ du mandrin 4 (et de la vanne papillon) et la position $X(t)$ (du point A le long de l'axe $O\bar{x}_0$) de la tige 2 du vérin.

- A.1** Représenter avec deux couleurs différentes sur la figure du document réponse, les trajectoires $T_{A2/1}$ et $T_{B4/1}$ durant les phases d'ouverture (et/ou de fermeture) de la vanne. On indiquera également sur cette figure les positions occupées par les points A et B lorsque la vanne est fermée (A_f, B_f) ou ouverte (A_o, B_o).

En déduire la course de la tige 2 du vérin (variation d'allongement ΔX), sachant que $AB = BC = R = 65 \text{ mm}$.

- A.2** Par une méthode de votre choix (que vous expliquerez), déterminer une relation liant les variables (X, φ, R) .

Le mouvement d'entrée est la translation de la tige, la loi entrée-sortie recherchée est-elle $\varphi = f(X)$ ou $X = g(\varphi)$? Donner la plus simple des 2 lois proposées ci-dessus.

- A.3** Tracer la courbe $\varphi[\text{° degrés}] = f(X[\text{mm}])$ sur le document réponse en habillant de manière pertinente les axes. *indication: il n'est pas interdit de s'aider d'une calculatrice !*

Compléter votre courbe en indiquant (par des flèches) les sens de parcours de la courbe en "ouverture" et "fermeture".

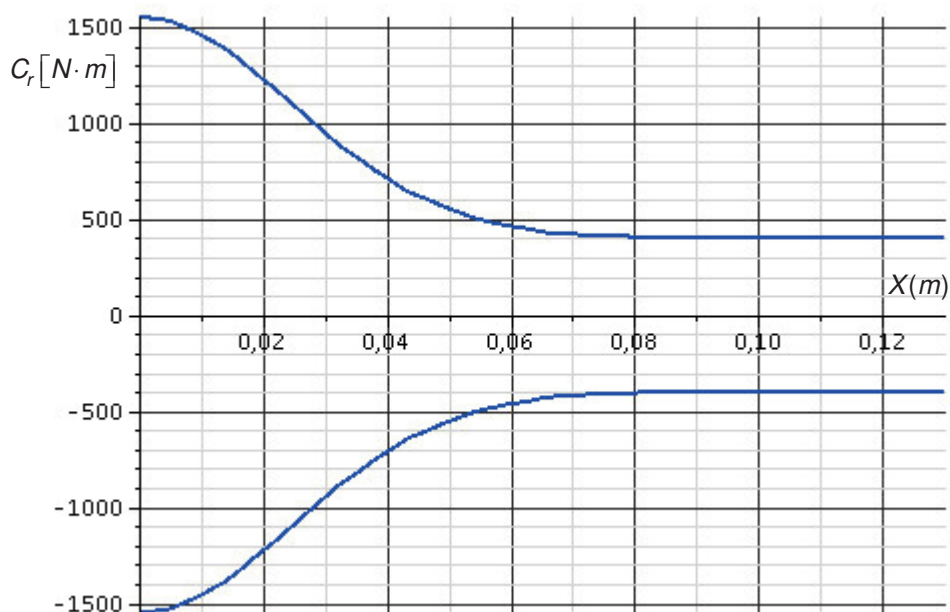
Prise en compte du frottement papillon de vanne / bague en élastomère

Le constructeur précise dans sa documentation technique que l'actionneur ACTO31H peut fournir un "couple moteur C_m " toujours supérieur au "couple résistant C_r " nécessaire pour actionner la vanne.

Le couple résistant à la manœuvre de la vanne a été mesuré expérimentalement, c'est le couple minimum nécessaire pour vaincre les frottements que la bague élastomère exerce sur la vanne papillon lors de sa rotation.

Le tracé de ce couple résistant ($\pm C_r$) est donné ci-contre.

On constate qu'il est d'autant plus important que la vanne se rapproche de la position fermée (ce qui est normal puisque la vanne déforme de plus en plus la bague élastomère).



Cette étude propose de vérifier l'affirmation du constructeur selon laquelle l'actionneur hydraulique est toujours capable vaincre la résistance qu'opposent les frottements lors de la manœuvre de la vanne lors de l'ouverture ou de la fermeture.

Hypothèses et données :

- le problème est supposé **plan** dans le plan $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1)$.
- la cinématique est suffisamment lente pour négliger les quantités d'accélération devant les efforts en jeu, on aborde donc ce problème comme un problème de "quasi-statique".
- les poids des pièces sont négligeables devant les autres actions mécaniques en jeu.
- les frottements sont négligés dans toutes les liaisons sauf au niveau du contact vanne papillon **4** / bague élastomère **1**.
- on appelle "couple résistant C_r ", l'intensité du moment de l'action mécanique en **C** qu'exerce la bague élastomère **1** sur **4**. Ce couple correspond à l'action mécanique qu'oppose la bague à sa déformation par le papillon de vanne (aussi bien en phase d'ouverture que de fermeture). Il a été déterminé expérimentalement, voir courbe représentative $C_r = f(X)$ ci-dessus.



Ce couple résistant est un couple qui s'applique sur le mandrin **4**, son signe est tel qu'il s'oppose au mouvement de **4** / **1**, il dépend donc du sens de manœuvre de la vanne en ouverture ou fermeture. La courbe $C_r = f(X)$ (cf. page précédente) comporte donc deux courbes symétriques !

- on appelle "couple moteur C_m ", la valeur de $\vec{M}_{C3 \rightarrow 4} \cdot \vec{x}_1$, moment de l'AM que développe la biellette **3** sur le mandrin **4**, ce moment correspond au couple maximum qu'est capable de produire l'actionneur sur la vanne **4**, il doit donc toujours être supérieur au couple de frottement pour pouvoir manœuvrer la vanne en rotation autour de $C\vec{z}_1$.
- l'action mécanique de pression sur la tige **2** du vérin est assimilable à un glisseur noté $\vec{F}_{p \rightarrow 2} = F_p \vec{x}_1$, et on dissocie la fonction "guidage en translation" de la tige **2** par la prise en compte d'une liaison pivot glissant d'axe $E\vec{x}_1$ (cf. schéma).
- on suppose que l'étude géométrique a été complètement menée, aussi on s'autorisera à utiliser (X, φ, θ) selon les calculs faits sans essayer de retrouver les relations trigonométriques qui lient ces paramètres.
- le contact ponctuel en **D** de normale \vec{y}_0 a été volontairement décalé selon $-\vec{y}_0$ pour rendre le schéma plus lisible.

Performances mécaniques

L'actionneur est un vérin hydraulique (*pression maxi* $p = 60 \text{ bars}$),
diamètre du piston $D = 50 \text{ mm}$, *diamètre de tige* $d = 25 \text{ mm}$,
course 130 mm , Indication: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.



On rappelle que l'action mécanique d'un fluide sous pression p qui s'exerce sur une surface plane S est un effort normal à la surface et d'intensité $F = pS$. On rappelle également que la surface d'un disque plein est $S = \frac{\pi}{4} D^2$.

B - Etude quasi-statique

- B.1** Que peut-on dire des actions mécaniques exercées ou subies par la biellette **3** ? Justifier très clairement.
Peut-on dire intuitivement si (*en phase d'ouverture*) la biellette **3** est soumise à une compression ou une traction ?

On note T_3 la tension de la biellette **3** avec pour convention :

$T_3 > 0$ si la biellette est en traction (tendue) et $T_3 < 0$ si elle est en compression (écrasée).

- B.2** Si on isole l'ensemble **2** *en phase d'ouverture* (!), montrer que l'on peut simplement déterminer la tension dans la biellette T_3 à partir de l'action mécanique de pression. Donner T_3 en fonction de (D, p, θ) .

Pourrait-on déterminer toutes les inconnues statiques qui apparaissent dans le bilan des AME ?

indication: détaillez le bilan des AME par exemple de façon graphique
et précisez clairement quel théorème permet d'obtenir l'expression de T_3 !

- B.3** Si on isole le mandrin **4** durant cette même phase d'ouverture, montrer que l'on peut également très simplement obtenir le couple moteur C_m , opposé au couple résistant selon $C\bar{z}_1$ qu'est capable de vaincre l'actionneur hydraulique.

indication: détaillez le bilan/inventaire des AME et précisez clairement le théorème utilisé.

Donner C_m en fonction de $(D, p, R, \theta, \varphi)$

Données numériques : $R = 0.065 \text{ m}$, $p = 60 \text{ bars}$, $D = 50 \text{ mm}$ et $d = 25 \text{ mm}$

- B.4** Faire les applications numériques correspondantes (*en unités SI*) pour les différentes positions proposées dans le tableau récapitulatif. En déduire l'allure de la courbe C_m *en phase d'ouverture*. Conclure.

- B.5** En quoi la démarche précédente permet-elle également de conclure sur les capacités de l'actionneur hydraulique à manœuvrer la vanne en phase de fermeture ? Donner alors C_m en fonction de $(D, d, p, R, \theta, \varphi)$

Faire quelques applications numériques pour illustrer votre résultat.

indication: il n'est pas demandé de refaire l'intégralité des calculs.. ! mais de justifier précisément la démarche, une réponse qui manquerait de rigueur sera fortement sanctionnée, une démarche claire sera valorisée...