

A. Étude de la pompe du système Distribar

L'asservissement hydraulique de position ne peut fonctionner correctement que si la pompe assure un débit constant pendant le fonctionnement.

On se propose d'étudier le fonctionnement de la pompe à pistons axiaux utilisée pour fournir l'énergie hydraulique.

Vous pouvez visualiser le fonctionnement d'une pompe analogue sur les vidéos suivantes :

- <https://youtu.be/zjVvFh5bZuc>
- https://youtu.be/_CnIP85oY3o
- et d'autres vidéos avec une recherche sur les pompe à pistons axiaux....

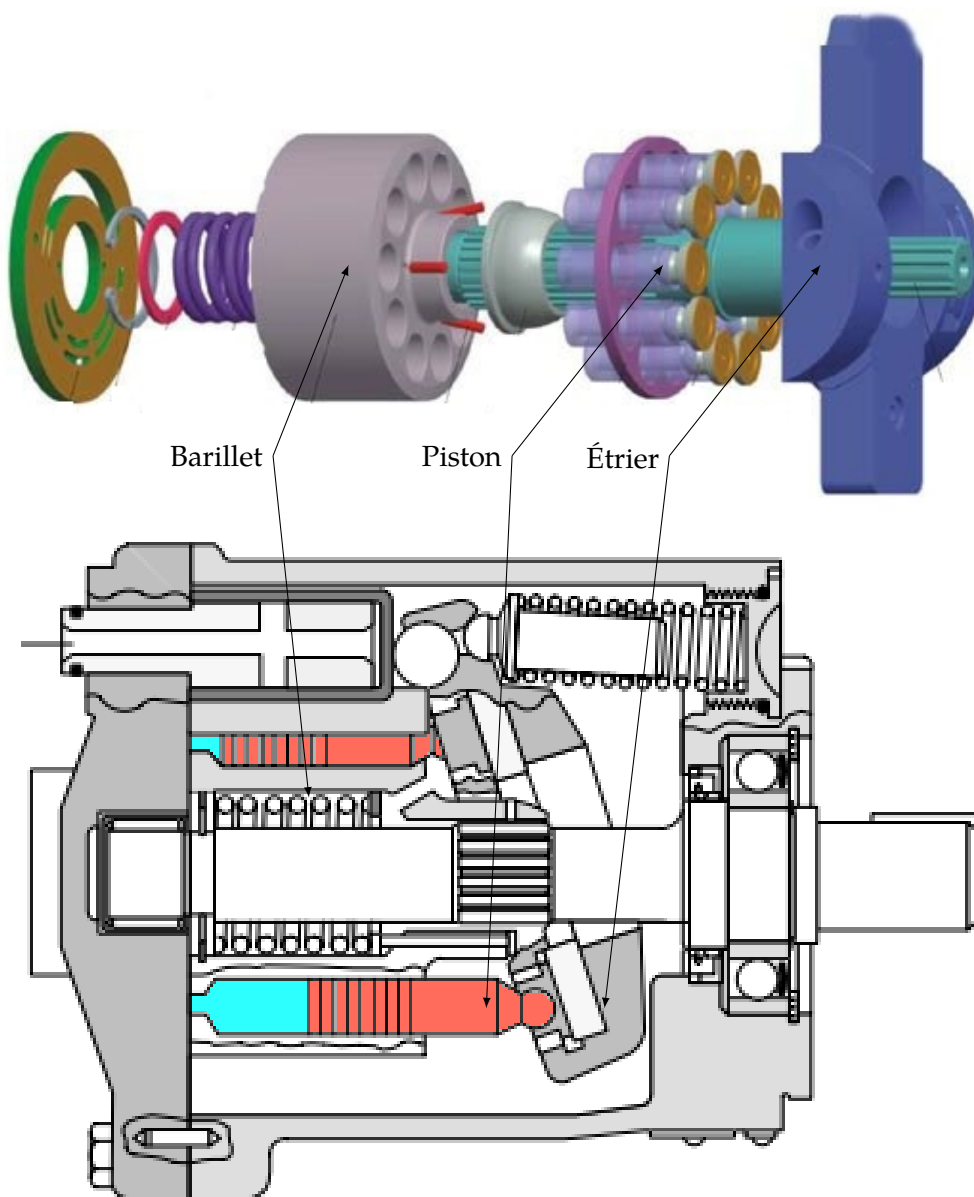


FIGURE 0.1 – Pompe hydraulique - éclaté et dessin

La pompe hydraulique (Figure 0.1), est principalement constituée :

- d'un barillet entraîné en rotation par l'arbre cannelé de 9 ensembles pistons-patins,

- d'un étrier dont l'inclinaison détermine la cylindrée de la pompe en provoquant le mouvement des pistons dans le barillet, sur la vue 3D l'inclinaison est nulle,
- d'un carter de distribution qui permet la circulation du fluide grâce aux orifices d'admission et de refoulement,
- d'un ensemble compensateur. Cet ensemble compensateur ne fait pas l'objet de l'étude (non représenté sur la vue 3D).

Caractéristiques de la pompe

- Puissance théorique : $P = 15 \text{ kW}$
- Vitesse de rotation de l'arbre d'entrée - 1 - : $N = 1\,800 \text{ tr/min}$
- Cylindrée maximale : $V_T = 100 \text{ cm}^3 \text{ tr}^{-1}$
- Angle d'inclinaison maximal de l'étrier : $\alpha_M = 15^\circ$
- Nombre de piston : $n = 9$

Une modélisation cinématique simplifiée est proposée sur la figure 0.2. Le schéma est limité à un seul ensemble piston/patin. On retrouve sur ce schéma :

- le bâti - 0 -, le repère $\mathcal{R}_0 = (A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est associé au bâti 0,
- le barillet - 1 -, le repère $\mathcal{R}_1 = (A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est associé au barillet 1,
- le piston - 2 -, le repère $\mathcal{R}_2 = (B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ est associé au piston 2,
- le patin - 3 -, le repère $\mathcal{R}_3 = (D, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ est associé au patin,
- l'étrier - 4 -, le repère $\mathcal{R}_4 = (E, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ est associé à l'étrier. Pour cette étude, l'étrier a un angle d'inclinaison constant, il est immobile par rapport au bâti 0. On considère que l'étrier (4) et le bâti (0) forme la même classe d'équivalence.

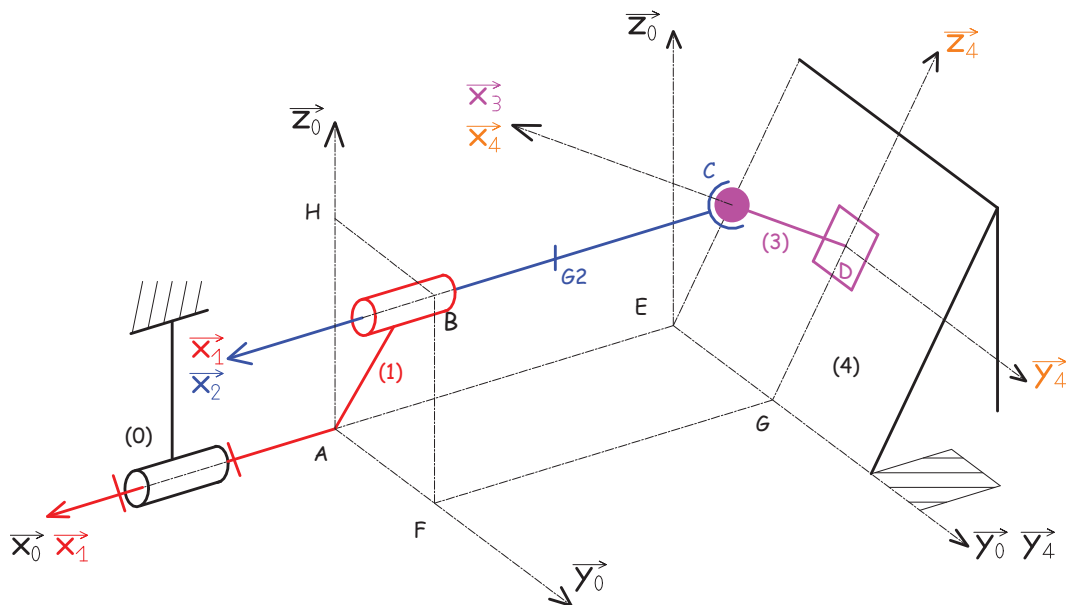


FIGURE 0.2 – Schéma cinématique

Paramétrage et données :

- $\theta = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$
- $\omega_{10} = \frac{d\theta}{dt}$ la vitesse de rotation du barillet
- $\beta = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$
- $\gamma = (\vec{y}_3, \vec{y}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_4)$
- $\alpha = \alpha_m = (\vec{x}_4, \vec{x}_0) = (\vec{z}_4, \vec{z}_0) = \text{cste} = 15^\circ$, angle d'inclinaison de l'étrier

— $\overrightarrow{AB} = R \cdot \overrightarrow{y_1}$ avec $R = 50$ mm

— $\overrightarrow{CB} = \lambda \cdot \overrightarrow{x_1}$,

— $\overrightarrow{DE} = -v \cdot \overrightarrow{y_0} - w \cdot \overrightarrow{z_4}$

— $\overrightarrow{DC} = h \cdot \overrightarrow{x_3}$

— $\overrightarrow{AE} = -d \cdot \overrightarrow{x_0}$

— $\Phi = 24$ mm le diamètre des pistons

— $N = 1\,800$ tr/min : vitesse de rotation de la pompe

Q1. Tracer les figures de changements de base.

Q2. Identifier les deux liaisons entre le bâti et le barillet et entre le barillet et le piston. Donner les torseurs cinématique $\{v_{1/0}\}$ en A et $\{v_{2/1}\}$ en B en fonction des paramètres, $\dot{\theta}$, $\dot{\beta}$, et $\dot{\lambda}$, , préciser pour chaque liaison le point de réduction et la base.

— La liaison entre le piston 2 et le patin est une liaison sphérique en C.

— La liaison entre le patin et l'étrier est une liaison appui-plan.

Q3. Donner les torseurs cinématiques des liaisons entre le piston et le patin puis entre le patin et l'étrier, préciser pour chaque liaison le point de réduction et la base.

Q4. Tracer le graphe de structure du mécanisme (l'étrier et le bâti ne forment qu'un solide).

Q5. Déterminer la liaison équivalente entre le piston -2- et l'étrier -4-.

On souhaite déterminer le débit de cette pompe.

Q6. Écrire la fermeture géométrique $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EA} = \vec{0}$. Écrire les trois équations dans la base $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$.

Q7. Exprimer w et v . Montrer que λ est de la forme $\lambda = d(\alpha) + A(\alpha) \cdot \sin \theta$, avec $d(\alpha)$ et $A(\alpha)$ deux fonctions de α (α constant).

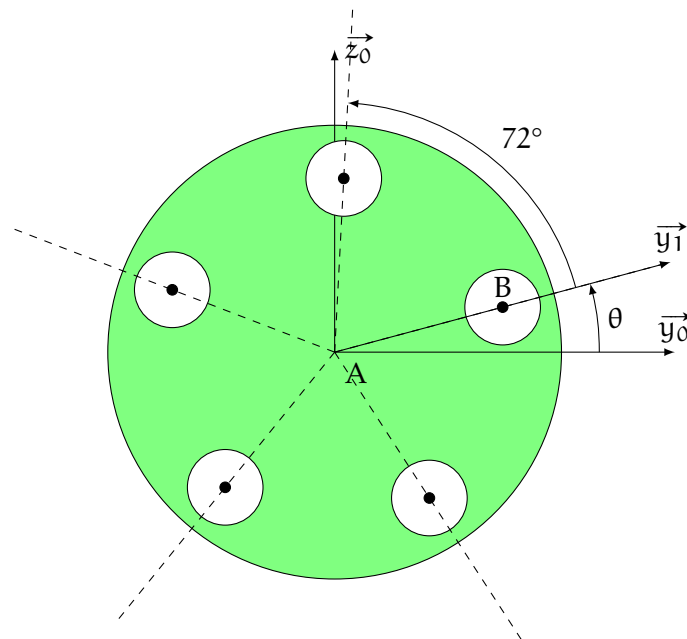


FIGURE 0.3 – Barillet seul d'une pompe à 5 pistons

Q8. Déterminer la course du piston λ_c .

Pendant la phase de « sortie » du piston, le fluide est aspiré, pendant la phase de compression, le fluide est refoulé. On note v_T le volume déplacé par un piston sur un tour de pompe et V_T la cylindrée totale de la pompe

Q9. Déterminer le volume déplacé par un piston puis la cylindrée de la pompe en fonction de Φ , R , α .

Q10. Déterminer $v(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt} = \dot{\lambda}(t)$ la vitesse du piston par rapport au barillet en fonction de $\theta(t)$ et de sa dérivée puis en fonction de ω_{10} . Tracer l'allure de $\dot{\lambda}$ pour 3 tours de l'arbre.

Le débit instantané correspond au volume déplacé par unité de temps soit $Q = S \cdot v(t)$ pendant la phase de refoulement.

Q11. Tracer l'allure du débit pour 3 tours de l'arbre.

Q12. Justifier que l'on peut modéliser le débit par la fonction $Q(t) = \frac{S}{2} (\dot{\lambda}(t) + |\dot{\lambda}(t)|)$. En déduire $Q(t)$ en fonction de ω_{10}

On considère pour cette question que la pompe possède 5 pistons décalés de $\frac{2 \cdot \pi}{5}$ (Figure 0.3)

Q13. Préciser l'équation du débit pour les trois pistons, en déduire l'équation du débit pour cette pompe de trois pistons.

Q14. Tracer l'allure du débit de chaque piston puis le débit total de cette pompe à 5 pistons.

A.1. Étude informatique

Q15. Proposer un algorithme qui trace le débit d'une pompe de n pistons, pour cela ; écrire une fonction qui retourne le débit du piston i, écrire une fonction qui donne le débit de la pompe de n pistons, puis tracer la fonction