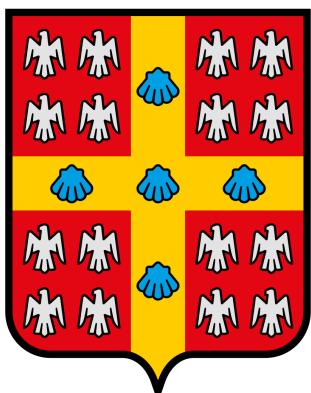


Place Holder page titre

Va être remplacée par celle sur Teams

Charles Bouthillier Paul Charvet William Hamilton Samuel Roy

2025-11-06



UNIVERSITÉ
LAVAL

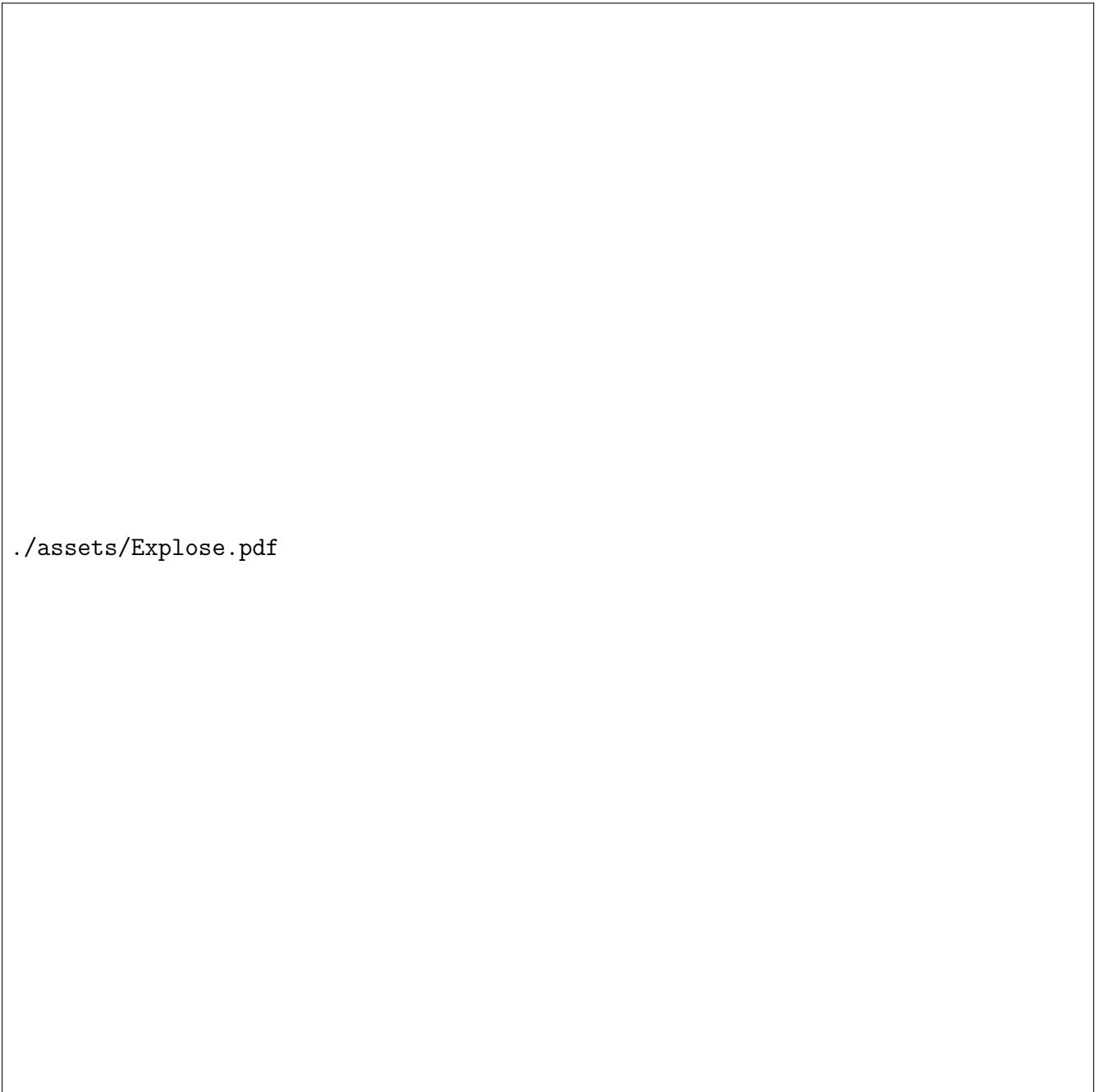
Université Laval

Faculté de science génie

Québec

Table des matières

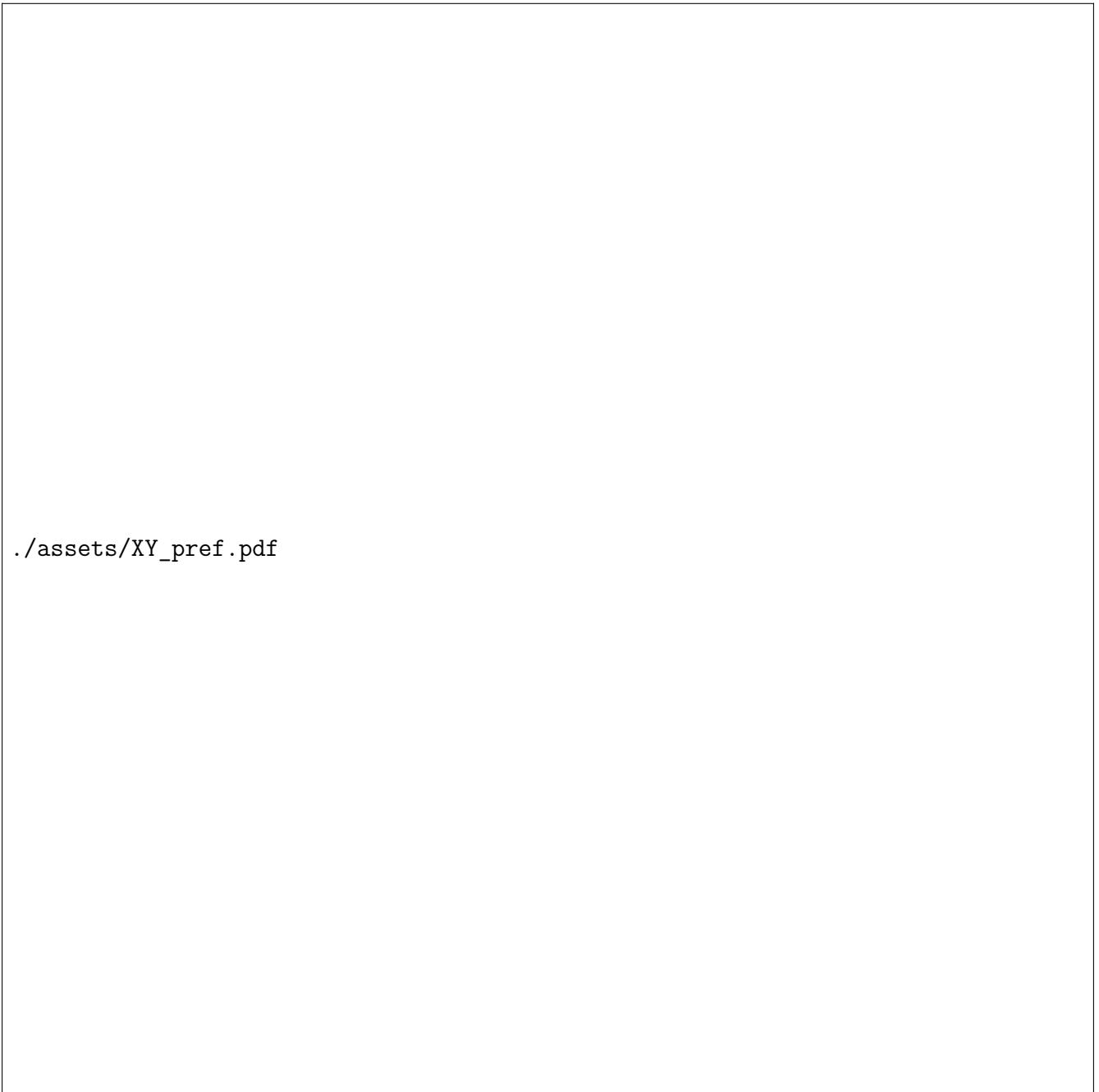
1 Vue CAD 3D explosée



`./assets/Explose.pdf`

2 captures d'écran des deux enveloppes d'impression

2.1 Volume Préférentiel X-Y



`./assets/XY_pref.pdf`

2.2 Volume Préférentiel Z

`./assets/Z_pref.pdf`

3 Dessin de fabrication du corps de pompe

[./assets/fabrication.pdf](#)

4 rapport PolyWorks sur tolérance géométrique de l'axe du levier

[./assets/Polyworks.pdf](#)

4.1 Conclusion de l'analyse

L'axe de rotation du levier n'étant pas perpendiculaire à celui de translation du piston, ce mouvement n'est pas parallèle au corps de la pompe, causant plus de frottement piston-bâti que nécessaire ainsi qu'une étanchéité moindre.

5 Calculs

5.1 signature

Chloé Bonthillier 14/11/25

5.2 Joint d'étanchéité piston-cylindre de pompe

5.2.1 Schéma



./assets/Oring_scheme.png

5.2.2 Données techniques

Paramètre	symbole	valeur de base
Coefficient de Poisson du caoutchouc	μ	0,5
Pourcentage d'étirement du joint torique	Stretch%	5%
Pourcentage de réduction de la section du joint torique	AR%	N/A
Diamètre de la section du joint torique	W	2,62 mm
Diamètre de la section du joint torique étiré	WR	N/A
Profondeur de la rainure, incluant jeu diamétrale	F	N/A
Compression du joint torique	SQ%	21% ∈ [12;24[%]
Diamètre interne du réservoir	BORE	38 mm
Diamètre du fond de rainure sur le piston	PG	N/A
Diamètre intérieur du joint torique	ID	N/A
Volume du joint torique	OVol	N/A
Pourcentage de remplissage de la rainure	Fill%	65%
Volume de la rainure	GVol	N/A
Largeur de la rainure	G	N/A

5.2.3 Équations

$$AR\% = Stretch\% * \mu \quad (1)$$

$$AR\% = 5\% * 0,5 = 2,5\%$$

$$WR = W - \left(\frac{AR\%}{100} \right) * W \quad (2)$$

$$WR = 2,62 - \left(\frac{2,5}{100} \right) * 2,62 = 2,56mm$$

$$SQ\% = \left(\frac{WR - F}{W} \right) * 100\% \quad (3)$$

$$F = \left(WR - \frac{SQ\%}{100\%} \right) * W$$

$$F = \left(2,56 - \frac{21}{100} \right) * 2,62 = 2,00mm$$

$$F = \left(\frac{BORE - PG}{2} \right) \quad (4)$$

$$PG = BORE - 2F$$

$$PG = 38 - 2 * 2 = 34mm$$

$$Stretch\% = \left(\frac{PG - ID}{ID} \right) * 100\% \quad (5)$$

$$ID = \frac{PG}{\left(\frac{Stretch\%}{100} \right) + 1}$$

$$ID = \frac{34}{\left(\frac{5}{100} \right) + 1} = 32, 38mm$$

$$OVol = \frac{(\pi)^2}{4} * (ID + W) * W^2 \quad (6)$$

$$OVol = \frac{(\pi)^2}{4} * (32, 38 + 2, 62) * 2, 62^2 = 592, 82mm^3$$

$$Fill\% = \frac{OVol}{GVol} * 100\% \quad (7)$$

$$GVol = \frac{100\% * OVol}{Fill\%}$$

$$GVol = \frac{100 * 592, 82}{65} = 912, 03mm^3$$

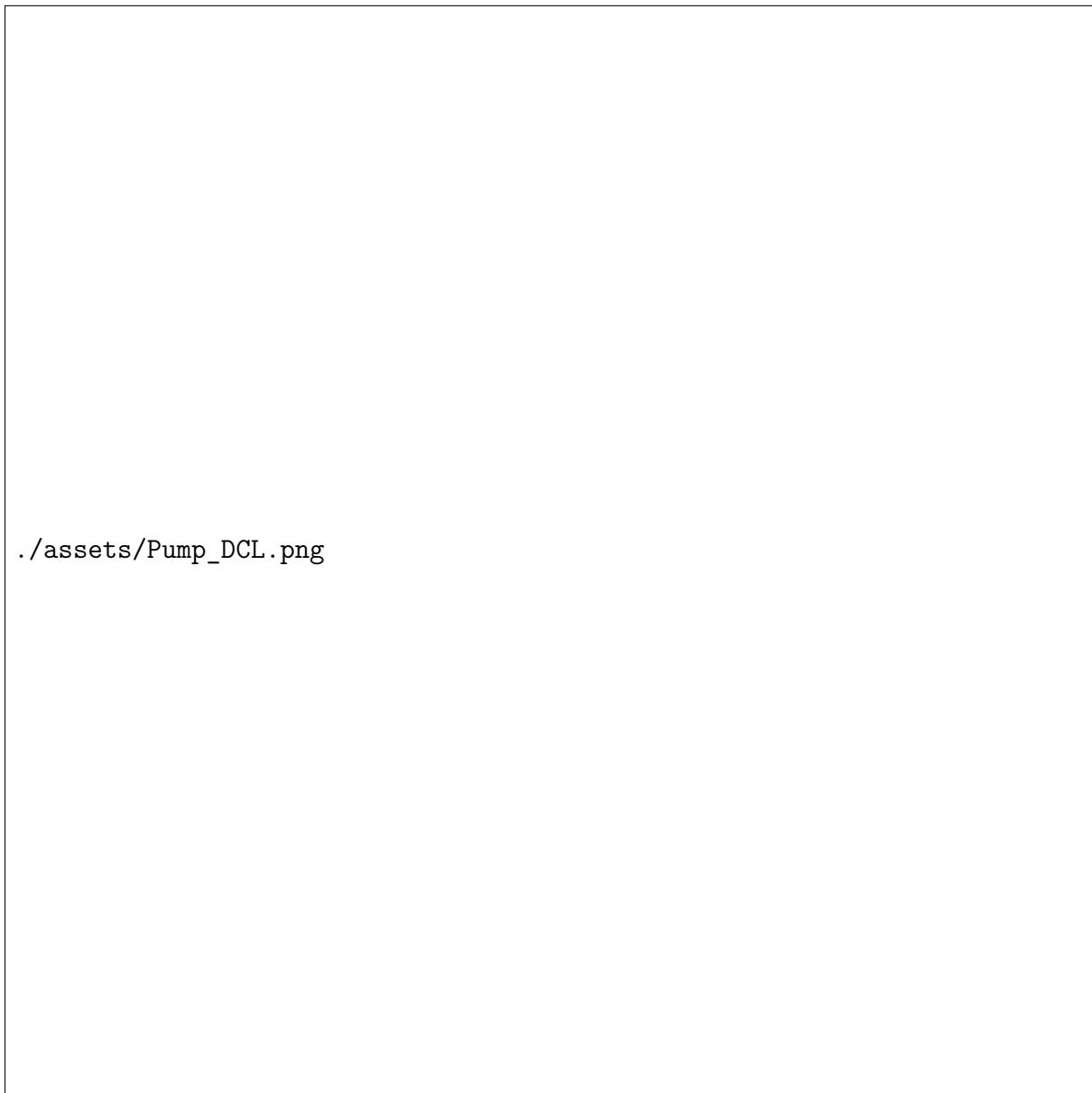
$$GVol = \frac{\pi}{4} * (BORE^2 - PG^2) * G \quad (8)$$

$$G = \frac{4 * GVol}{\pi * (BORE^2 - PG^2)}$$

$$G = \frac{4 * 912, 3}{\pi * (38^2 - 34^2)} = 4, 032mm$$

5.3 Pièce encliquetée

5.3.1 Schémas



`./assets/Pump_DCL.png`

Figure 1: Pompe entière



`./assets/Piston_DCL.png`

Figure 2: diagramme de corps libre du piston en phase de descente, juste avant l'ouverture des valves



./assets/Click_scheme.png



./assets/Click_DCL.png

(a) Références des dimensions

(b) DCL

Figure 3: Pièce encliquetée

5.3.2 Questions techniques et description des calculs

1. La pièce encliquetée cède-t-elle lorsque l'utilisateur actionne la pompe?

La charge nécessaire au flambage de la pièce ainsi que la contrainte de rupture en compression du matériau seront comparer à la force/contrainte subit par la pièce encliquetée. Celle-ci est liée à celle pour faire bouger le piston par l'entremise du bras de levier. Un diagramme de corps libre permet de trouver ce lien. Quant à la force pour faire bouger le piston, on l'estime maximale lorsque le piston est dans sa phase de descente, juste avant que les valves qui le traverse ne s'ouvrent. Si on suppose que le piston est parfaitement étanche, on peux alors supposer que la pression au dessus du piston est nulle, alors que celle sous celui-ci est égale à la pression de craquage de ses valves plus la friction entre les joints toriques et le bâti de la pompe. Cette dernière est évalué à l'aide du pourcentage de compression des joints toriques, alors que la pression de craquage est une fonction de la précharge sur les ressorts des valves à bille.

2. La pièce cède-t-elle sous la déformation causée par l'encliquetage?

Calculer la déformation de la pièce encliquetée et la comparer à la déformation

maximale possible du matériau en fonction de son orientation d'impression.

5.3.3 Données techniques

Paramètre	symbole	valeur de base
Rayon des valves du piston	r_{valve}	4 mm
Constante du ressort de valve	$K_{ressort}$	1 N/mm
Précharge sur le ressort de valve	S	0,3 mm
Pression de craquage des valves du piston	P_{craq}	N/A
Chargement en compression par mm de joint torique	N/A	1,75 N/mm ¹
Diamètre intérieur du joint torique autour de la tête du piston	$ID_{tête}$	32,38 mm
Diamètre intérieur du joint torique autour de la tige du piston	ID_{tige}	5,71 mm
Force Normale sur les joints torique	F_N	N/A
Coefficient de frottement cinétique du caoutchouc sur le nylon	μ_f	0,5 ²
Force de friction entre les joints toriques et le bâti de la pompe	$F_{friction}$	N/A
masse du piston	m_{piston}	13,3 g
Aire de la couronne du piston	A_{piston}	1,07e-3 m ²
Force maximale pour déplacer le piston vers le bas	F_{piston}	N/A
Force que doit exercer l'opérateur	F_{op}	N/A
Distance entre le pivot et l'endroit où l'opérateur appuie	L_1	145 mm
Distance entre le pivot et la tige du piston	L_2	32 mm
Moment de force autour du point pivot	M_O	0 N/m
Force reprise par l'encliquetage	F_P	N/A
Moment d'inertie de la section de la pièce encliquetée	I	N/A
Module de Young du Nylon chargé	E	1,65 GPa ³
Facteur de type de supports (deux bouts fixes)	K	0,5 ⁴
Chargement critique en flambage	P_{crit}	N/A
Facteur de sécurité en flambage	n_{flamb}	N/A
Contrainte en compression sur l'encliquetage	σ_{comp}	N/A
Contrainte normale critique du nylon	σ_{crit}	48 MPa

¹<https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/o-ring-compression-force/>

²https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_78.html

³<https://www.materialise.com/en/industrial/3d-printing-materials/pa12-sls>

⁴Mechanics of Materials Hibbeler 10e édition

Facteur de sécurité en contrainte normale	n_σ	N/A
Déformation à la rupture	$\varepsilon_{ruptureXY}$	16%
Déformation maximale	ε_{max}	N/A
Longueur des faisceaux	L	11 mm
Diamètre au crochet	D1	8 mm
Diamètre de la pièce encliquetée	D2	6 mm
Espacement entre les deux faisceaux	d	2,2 mm
Largeur d'un faisceau	h_0	N/A
Déflexion maximale des faisceaux	Y	N/A
Déformation lors de l'encliquetage	ε	N/A
Facteur de sécurité	n	N/A

5.3.4 Équations

- Contrainte normale sur la pièce encliquetée:

$$A_{valve} = \pi * r_{valve}^2 \quad (9)$$

$$A_{valve} = 50,26 * 10e - 6m^2$$

$$P_{craq} = \frac{K_{ressort} * S}{A_{valve}} \quad (10)$$

$$P_{craq} = 5,97kPa$$

$$F_N = 1,75 * \pi * (2 * ID_{tête} + ID_{tige}) \quad (11)$$

$$F_N = 387,43N$$

$$F_{friction} = \mu_f * F_N \quad (12)$$

$$F_{friction} = 193,71N$$

$$F_{piston} = A_{piston} * P_{craq} + F_{friction} - g * m_{piston} \quad (13)$$

$$F_{piston} = 200N$$

$$\Sigma M_O = F_{op} * L_1 - F_{Piston} * L_2 = 0 \quad (14)$$

$$F_{op} = \frac{L2}{L1} * F_{piston}$$

$$F_{op} = 44, 14N$$

$$F_P = F_{op} + F_{piston} \quad (15)$$

$$F_P = 244, 14N$$

$$I = \frac{\pi * D_2^4}{64} \quad (16)$$

$$I = 63, 62e - 12m^4$$

$$P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 * E * I}{(K * L)^2} \quad (17)$$

$$P_{crit} = 34, 25KN$$

$$n_{\text{flamb}} = \frac{P_{crit}}{F_P} \quad (18)$$

$$n_{flamb} = 140, 28$$

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{4 * F_P}{\pi * D_2^2 - (D_2 * d)} \quad (19)$$

$$\sigma_{comp} = 9, 78 MPa$$

$$n_{\text{comp}} = \frac{\sigma_{crit}}{\sigma_{comp}} \quad (20)$$

$$n_{comp} = 4, 91$$

- Déformation de la pièce encliquetée:

$$\varepsilon_{\text{max}} = 0.2 \varepsilon_{\text{ruptureXY}} \quad (21)$$

$$\varepsilon_{max} = 20\% * 16\% = 3, 2\%$$

$$h_0 = \frac{D2 - d}{2} \quad (22)$$

$$h_0 = \frac{6 - 2, 2}{2} = 1, 9mm$$

$$Y = \frac{d}{2} \quad (23)$$

$$Y = \frac{2,2}{2} = 1,1mm$$

$$\varepsilon = \frac{3 * Y * h_0}{2 * L^2} \quad (24)$$

$$\varepsilon = \frac{3 * 1,1 * 1,9}{2 * 11^2} = 2,59\%$$

$$n = \frac{\varepsilon_{max}}{\varepsilon} \quad (25)$$

$$n = \frac{3,2}{2,59} = 1,235 > 1$$