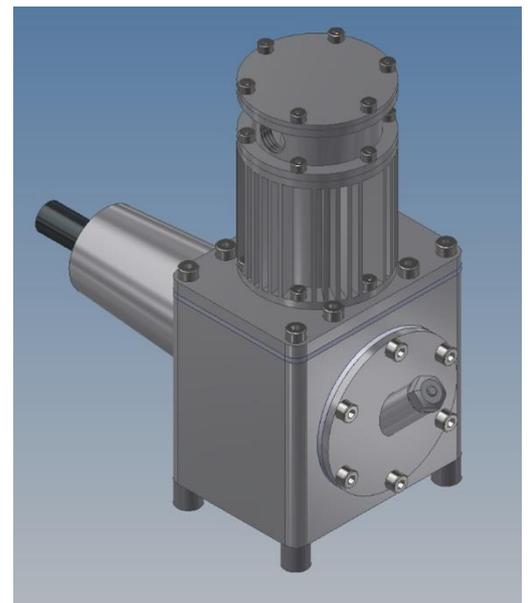
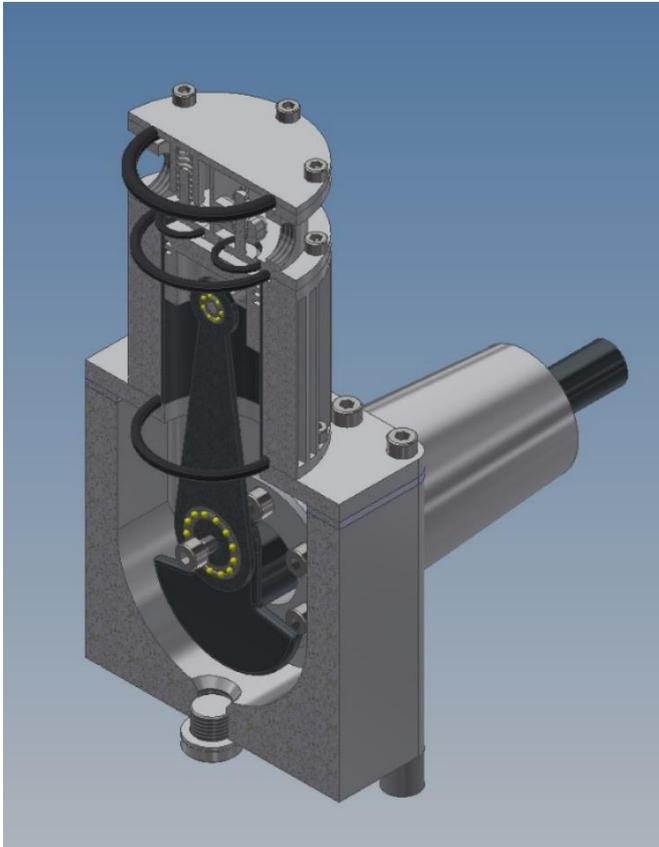


CCO : PROJET

Compresseur Monocylindre



Elise Zanou & Rémi Heredero

14.06.2022

Table des matières

1	Introduction	3
2	Cahier des charges	3
3	Description fonctionnelle	3
3.1	L'air entre	3
3.2	La chambre est remplie	4
3.3	L'air ressort	4
	Chambre E001	5
3.4	Calcule volume du cylindre à 1 bar	5
3.5	Calcule du D_{cylindre}	5
3.6	Calcule alésage de la course	5
3.7	Calcul de la hauteur du cylindre H_{cyl}	6
3.8	Calcul de la course	6
3.9	Calcul de la pression max de la chambre	6
3.10	Chapeau tête chambre P 0019	6
3.11	Chapeau chambre P011	6
3.12	Soupape P006	6
3.12.1	Calcule des ressorts de soupapes P029 et P030	6
3.13	Bati Chambre P002	7
3.14	Couverture P001	7
3.15	Joint	7
3.16	Circlip	7
4	Piston	7
4.1	Calcule du diamètre extérieur du piston par rapport à la dilation thermique	8
4.2	Axe P005	9
4.3	Corp P003	9
4.4	Segments P027 et P028	9
4.5	Circlip	9
5	Carter	9
5.1	Carter Corps P016	10
5.2	Butée P026	10
5.3	Joint P018, P022 et P025	10
5.4	Entretoise P024	10
5.5	Cage P023	10
5.6	Bouchon vilebrequin P021	10
5.7	Fixation roulement P020	10

5.8	Carter chapeau P017	10
5.9	Vilebrequin P015.....	10
6	Bielle P012.....	10
7	Les roulements.....	11
8	Synthèses et conclusion.....	11
9	Annexes	12
9.1	Rapport analyse roulement.....	12
9.2	Choix ressorts	16
9.3	Lexique des abréviations et valeurs.....	17
Figure 1	Air entrant dans la chambre	4
Figure 2	Chambre remplie	4
Figure 3	L'aire ressort.....	4
Figure 4	Vue en coupe de la chambre	5
Figure 7	Piston.....	7
Figure 8	Vue en coupe carter	9

1 Introduction

Dans le cours de CCO nous sommes amenés à créer un compresseur monocylindre.

Ce projet est un travail de groupe. Les compétences et les connaissances de chacun ont été nécessaire à la réalisation de ce travail.

Pour cela nous allons utiliser nos connaissances emmagasinées durant le premier et second semestre.

Les notions des propriétés des matériaux, de physique et de statique sont utilisées.

Nous utiliserons essentiellement le logiciel Autodesk Inventor 2021.3 pour la conception 3D et la mise en plan, Pivot V0.62 pour nos roulements. Les logiciels Word et Excel seront utilisés pour la rédaction de ce rapport.

Le projet a été divisé en 3 grande étape :

- Les croquis
- Le dimensionnement
- La réalisation 3D

2 Cahier des charges

Les données ci-dessous doivent être respectées tout au long du projet

SP-01 : Fréquence de rotation n 1440 [t/min]

SP-02 : Débit d'air Q 1.85 [m³/h]

SP-03 : Pression nominale P 6 [bar]

SP-04 : Facteur de dimensionnement à la pression nominale K_p 1.5 [-]

SP-05 : Rapport alésage course 1.2 à 1.3

SP-06 : \varnothing arbre d'entrée D 12 [mm]

SP-07 : Filetage entrée d'air G 1/4

SP-08 : Filetage sortie d'air G 1/4

3 Description fonctionnelle

Le compresseur est totalement géré mécaniquement. Nous pouvons diviser en trois parties son principe de fonctionnement.

3.1 L'air entre

Dès que le piston se déplace vers le bas, un vide est créé cela fait descendre la soupape de droite et l'air peut s'introduire à l'intérieur de la chambre.

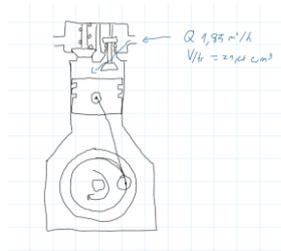


Figure 1 Air entrant dans la chambre

3.2 La chambre est remplie

Une fois le piston au point le plus bas la chambre est remplie à son max.

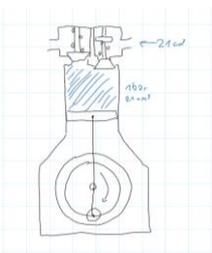


Figure 2 Chambre remplie

3.3 L'air ressort

La soupape de droite va se refermer et celle de gauche va s'ouvrir sous la pression dû au piston qui remonte.

L'air comprimé va être expulsé du compresseur.

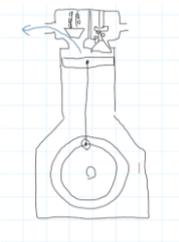


Figure 3 L'aire ressort

Une fois le piston de retour à sa position de départ le cycle reprend.

Le compresseur est entraîné par un moteur. Il crée un couple sur un arbre. Nous utilisons ce couple pour mettre en mouvement un vilebrequin qui avec la bielle déplace le piston de haut en bas.

Chambre E001

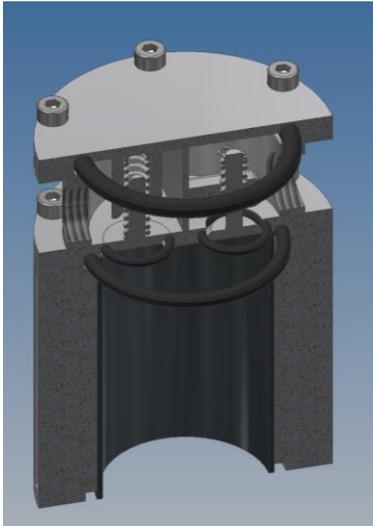


Figure 4 Vue en coupe de la chambre

3.4 Calcule volume du cylindre à 1 bar

Pour calculer le volume du cylindre nous prenons le débit d'air sur le fréquence en tour par heure.

$$V[m^3] = \frac{Q \left[\frac{m^3}{n} \right]}{n \left[\frac{t}{min} \right] \cdot 60} = 21,41 * 10^3 [mm^3]$$

3.5 Calcule du $D_{cylindre}$

Afin de pouvoir calculer le diamètre du cylindre nous avons utilisé la formule du débit d'air :

$$Q = \frac{\pi * D_{cyl}^2}{4} * course * n$$

A l'aide de la formule établie au point 3.6 sur l'alésage nous pouvons établir l'équation suivante :

$$Q = \frac{\pi * D_{cyl}^2}{4} * \frac{D_{cyl}}{1.2} * n$$

Donc nous pouvons isoler le diamètre du cylindre et en déduire la formule suivante :

$$D_{cyl} = \sqrt[3]{\frac{Q * 4 * d}{\pi * n * 60}} = \sqrt[3]{\frac{1.85 * 4 * 1.2}{\pi * 1440 * 60}} = 31.98 \text{ mm}$$

3.6 Calcule alésage de la course

L'alésage de la course correspond au rapport entre le diamètre du cylindre et la course :

$$\frac{D_{cyl}}{cours} = 1.2 \Rightarrow course = \frac{D_{cyl}}{1.2}$$

3.7 Calcul de la hauteur du cylindre H_{cyl}

Pour calculer la hauteur du cylindre nous faisons appel à la loi des gaz parfaits

$$P1 * V1 = P2 * V2$$

$$P2 = 9 * P1$$

$$\leftrightarrow V1 = 9 * V2$$

A une pression de 9 bar (à 9 bar, le facteur de sécurité de 1,5 est compris) donc le volume doit être 9 fois plus petit :

$$\frac{\pi * d^2}{4} * H_{cyl} = 9 * \frac{\pi d^2}{4} * (H_{cyl} - course)$$

$$\leftrightarrow H_{cyl} = 9 * H_{cyl} - 9 * course$$

$$H_{cyl} = \frac{9}{8} * \frac{D_{cyl}}{d} = \frac{9}{8} * \frac{31.98}{1.2} = 29.98$$

3.8 Calcul de la course

L'alésage de la course correspond au rapport entre le diamètre et la course.

$$course = \frac{D_{cycle}}{d} = \frac{31.98}{1.2} = 26.65$$

3.9 Calcul de la pression max de la chambre

$$P_{max} = P_{nominale} * k_p = 6 * 1.5 = 9Pa$$

3.10 Chapeau tête chambre P 0019

La pièce chapeau tête chambre permet de mettre la soupape avec le ressort pour la sortie de l'air.

3.11 Chapeau chambre P011

La pièce chapeau chambre gère l'entrée et la sortie de l'air. Elle tient les joints d'étanchéité des soupapes. Elle tient la soupape d'entrée.

3.12 Soupape P006

La Soupape In laisse rentrer l'air. A contrario la Out laisse sortir l'air.

3.12.1 Calcul des ressorts de soupapes P029 et P030

Pour dimensionner les ressorts il nous faut connaître la force appliquée sur eux :

$$w = 2 * \pi * \frac{f}{60} = 2 * \pi * \frac{1440}{60} = 150.796 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{accélération piston} &= w^2 * rb * \left(1 + \frac{\text{course}}{lb}\right) * 10^{-3} = 150.796^2 * 15 * \left(1 + \frac{30}{64.8}\right) * 10^{-3} \\ &= 499.004 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\text{masse bielle} = 29,172g$$

$$\text{masse piston} = 21,797g$$

$$\text{masse roulement} = 4g$$

$$\text{masse fixation roulement} = 0,739g$$

$$m_{tot} = m_b + m_p + m_r + m_f = 55.708g = 0.055708 \text{ kg}$$

$$F = a * m_{tot} = 499.004 * 0.055708 = 27.8 \text{ N}$$

Le choix des ressorts a été fait sur Inventor avec l'option design voir annexe 9.3.

3.13 Bati Chambre P002

Il fait le refroidissement du compresseur. Il sert de bâti pour la chambre de compression.

3.14 Couverture P001

La couverture a été faite en acier. Pour les segments qui sont aussi en acier fassent étanchéité.

Le calcul du diamètre de la couverture est calculé au point 4.1

3.15 Joint

Joint Oring bien que les éléments soient normalisés, il faut se veiller lors de la commande à prendre des joints FKM (Viton) ou tout autre dérivé de polytétrafluoréthylène car cette matière tient sans problème jusqu'à 200°C.

3.16 Circlip

Il est posé sur la soupape afin de retenir le ressort

4 Piston

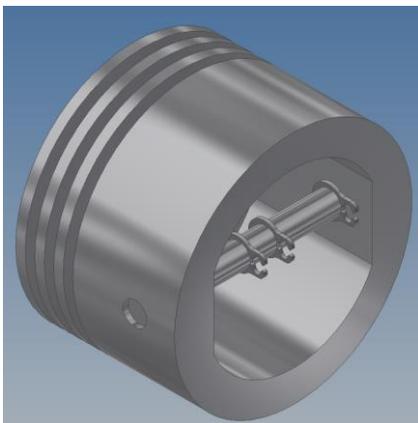


Figure 5 Piston

4.1 Calcul du diamètre extérieur du piston par rapport à la dilatation thermique

Lors du fonctionnement du compresseur de la chaleur est générée.

Cela engendre pour le piston une situation critique de 190°C et pour le cylindre 100°C

Nous admettons que la température ambiante est de 20°C

$$\alpha_{acier} = 12 * 10^{-6} 1/k$$

$$\alpha_{alu} = 23 * 10^{-6} 1/k$$

$$\text{Variation unitaire de longueur} = \varepsilon = \alpha(T_{finale} - T_{initiale})$$

$$\text{Variation de dimension Diamètre linéaire} = D(T_{finale}) = D(T_{initiale}) * (1 + \varepsilon)$$

Le diamètre de référence pris est celui de la chemise à 20°C qui est de **30 mm**

Le diamètre du piston est calculé en fonction de celui de la chemise – le jeu

Nous devons avoir un **jeu** afin que dans le cylindre le piston se déplace de haut en bas.

Diamètre piston		
T = 20°C	29.9437	[mm]
T = 100°C	29.9988	[mm]
T = 190°C	29.9988	[mm]

Diamètre cylindre		
T = 20°C	32	[mm]
T = 100°C	32.05888	[mm]
T = 190°C	32.1179	[mm]

Diamètre chemise		
T = 20°C	30	[mm]
T = 100°C	30.0288	[mm]
T = 190°C	30.0612	[mm]

Jeu chemise piston		
T = 20°C	0.0563	
T = 100&20°C	0.03	

T = 190°C	0.0292	
-----------	--------	--

Jeu chemise cylindre		
T = 20°C	0	
T = 100&20°C	-0.03008	
T = 190°C	0.0567	

4.2 Axe P005

Cette pièce fait tient le roulement sur le piston pour faire la liaison entre le piston et la bielle.

4.3 Corp P003

Cette pièce permet de tenir les segments.

4.4 Segments P027 et P028

Fait la jointure dynamique pour compresser l'air avec la couverture.

4.5 Circlip

Sur l'axe du piston : tient l'axe et le roulement du piston.

5 Carter

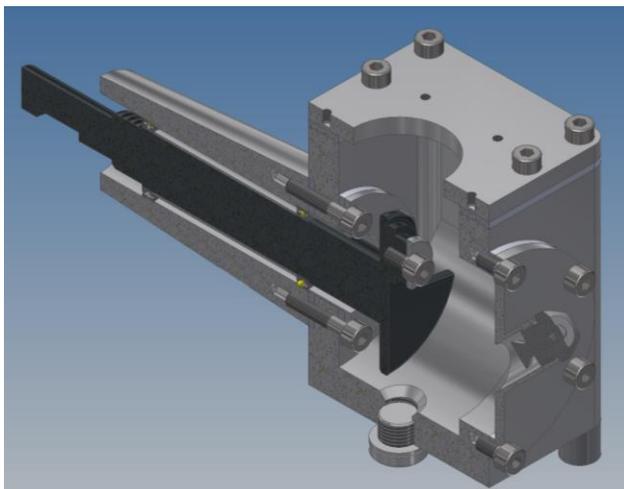


Figure 6 Vue en coupe carter

5.1 Carter Corps P016

Il a été créé de la façon suivante :

- Pour faciliter la sortie
- Un coté fixation vilebrequin
- De l'autre ouverture
- Pour passer la bielle par-dessus

5.2 Butée P026

Fixe la bague extérieure du roulement de l'arbre coté carter.

5.3 Joint P018, P022 et P025

Ils sont en polytétrafluoréthylène

Ce sont des plaques de jointure découpées au jet d'eau. Elles servent à faire l'étanchéité de l'huile entre deux pièces.

5.4 Entretoise P024

Sert à fixer les deux bagues intérieures des roulements.

5.5 Cage P023

Maintient l'arbre au travers des roulement.

5.6 Bouchon vilebrequin P021

Cette pièce sert de montage pour rentrer le vilebrequin dans le carter. Et sert à remplir d'huile et mettre le bouchon du respirateur.

5.7 Fixation roulement P020

Cet élément fixe le roulement qui maintient le vilebrequin et la bielle.

5.8 Carter chapeau P017

Cette pièce ferme le carter sur le haut. On y vient visser la chambre.

5.9 Vilebrequin P015

Le système dispose d'une tenue d'un côté.

Les deux roulements qui tiennent le vilebrequin sont du même côté afin de simplifier le montage.

Il a déjà l'arbre relié au moteur avec la place pour la clavette.

6 Bielle P012

Le rapport suivant est fixé

$$rb = \frac{\text{course}}{2} = 13.325$$

$$\lambda = \frac{r}{l} = \frac{1}{5}$$

$$lb = 5r = 66.625$$

7 Les roulements

Voir annexe 11.1 Rapport analyse roulement

$$F_{piston} = (m_{Piston} + m_{Bielle}) * a_{pmax}$$

$$F_{carter} = m_{Compresseur} * a_{Compresseur}$$

$$\begin{aligned} a_{Compresseur} &= F_{piston} / m_{Compresseur} = a_{Soupape} \\ &= (m_{Piston} + m_{Bielle}) * w^2 * r * \frac{1 + \lambda}{m_{Compresseur}} \end{aligned}$$

$$F_{ressort} > m_{Soupape} * a_{Soupape} = \frac{(m_{Piston} + m_{Bielle})w^2 * r (1 + \lambda)}{m_{Compresseur}} * m_{Soupape}$$

8 Synthèses et conclusion

Lors de la conception de ce projet, nous avons utilisé essentiellement de l'aluminium. Ses propriétés sont très intéressantes. Il est léger, robuste et a un coefficient de température élevé. Nous avons aussi utilisé le l'acier pour la chemise et pour les ressorts.

La lubrification est faite selon le processus suivant : L'huile dans le carter, à chaque passage du vilebrequin est tapée et donc répartie dans le carter.

Sion le 17.06.2022

Elise Zanou



Rémi Heredero



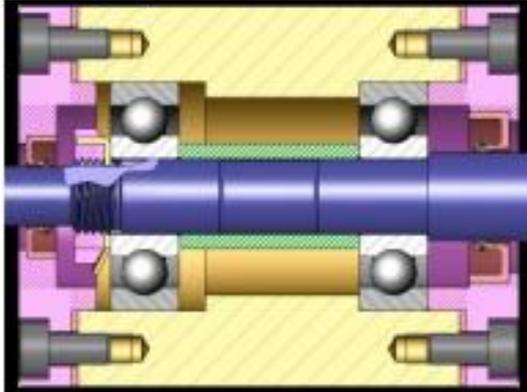
9 Annexes

9.1 Rapport analyse roulement

Rapport d'analyse

montage_arbre_vibrinquin
rmm

Montage :



Structure du Montage :

Mise en position axiale :

L'arbre est correctement arrêté axialement.

L'arbre est arrêté axialement. L'arbre est arrêté axialement.

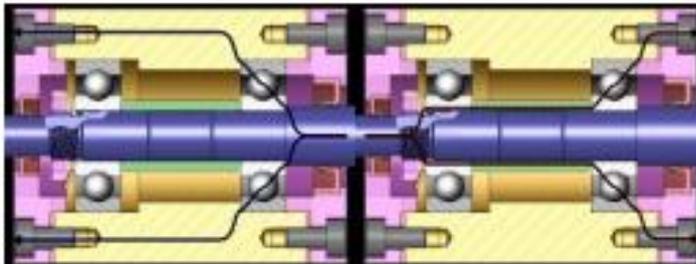
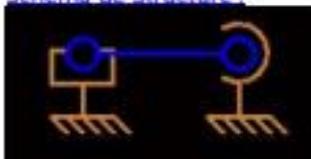
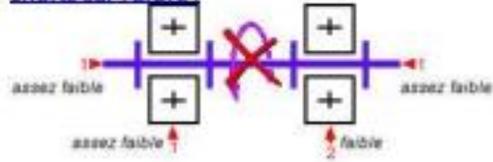


Schéma de Structure :



Résistance aux charges :

Efforts sur l'arbre :

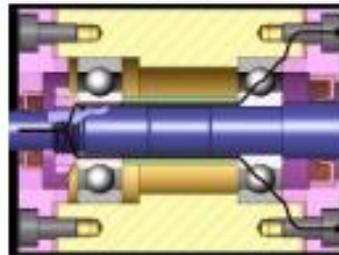
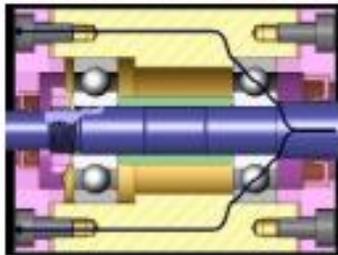


Résistance axiale du montage :

Le montage résiste à la charge axiale.

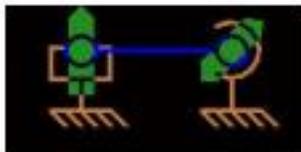
Le montage résiste à la charge axiale.

Le montage résiste à la charge axiale.



Résistance des roulements :

Le montage résiste à la charge axiale.



1 supporte
2 charge purement radiale

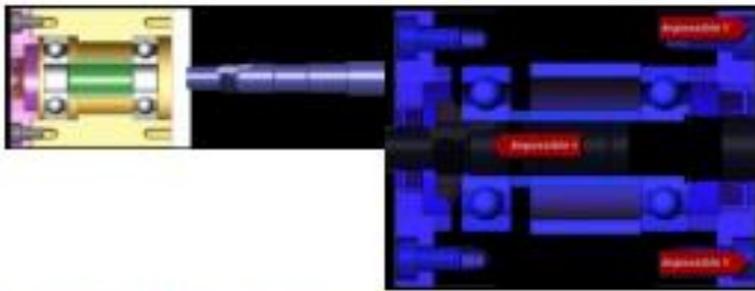
Roulement gauche
supporte
charge combinée

Roulement droit

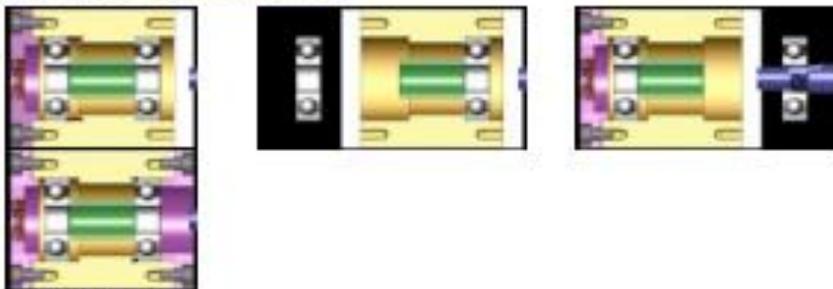
Montabilité :

Le Montage/Démontage des éléments est possible.

Montabilité de l'ensemble alésage :



Montabilité des Roulements :



Étanchéité :

Étanchéité Statique :

Indice de Pression : 1

L'étanchéité statique est assurée.

	Coté gauche	Coté droit
Sur Arbre	Ok	Ok
Sur Alésage	Ok	Ok

Étanchéité Dynamique :

Indice de Vitesse : 5

L'étanchéité dynamique est assurée.

	Coté gauche	Coté droit
Vitesse	Ok	Ok
Facteur PV	Ok	Ok

Compatibilité lubrifiant :

Lubrifiant : huile

Les joints sont compatibles avec la lubrification choisie.

Devis (coût indicatif) :

Coût Maximum admissible : 100

Element	Coût
Roulements	
Roulement à billes à contact radial	10
Roulement à billes à contact radial	10
Amets axiaux	
Eléments filetés	10
Entretoise	2
Epaulement	1
Eléments filetés	10
Epaulement	1
Etanchéité	
Joint plat	2
Joint à une lèvre	4
Joint plat	2
Joint à une lèvre	4
Chapeau support gauche	10
TOTAL	66

9.2 Choix ressorts

Compression Spring Component Generator

Design f_0 Calculation
🔍

Spring Strength Calculation

Compression Spring Design

This selection controls which fields are enabled.

Design Type

$F_p, D, \text{Assembly Dimensions} \rightarrow d, L_p, n, F_t$

Method of Stress Curvature Correction

No Correction

Design of Assembly Dimensions

Design of All Assembly Dimensions L_p, L_w, H

Load

Min. Load F_i 2,647 N

Max. Load F_a 50,000 N

Working Load F 28,000 N

Dimensions

Wire Diameter d 0,900 mm

Inside Diameter D_i 3 mm

Loose Spring Length L_0 18,280 mm

Spring Coils

Rounding of Coil Number 1

Active Coils n 10,000 ul

Spring Material

User material

Ultimate Tensile Stress σ_{ult} 1860,000 MPa

Allowable Torsional Stress τ_A 930,000 MPa

Modulus of Elasticity in Shear G 68500,000 MPa

Density ρ 7850 kg/m³

Utilization Factor of Material us 0,900 ul

Check of Buckling

Spring Type

Guided mounting - parallel ground ends

Fatigue Loading

Nonshot-peened spring

Spring Life in Thousands of Deflections N >10000

Safety Factor k_f 1,200 ul

Assembly Dimensions

$H, L_1 \rightarrow L_0$

Min. Load Length L_1 18,000 mm

Max. Load Length L_0 13,000 mm

Working Stroke H 5,000 mm

Working Load Length L_w 15,323 mm

Results

a 0,725 mm

t 1,625 mm

K_w 1,000 ul

k 9,471 N/mm

s_1 0,280 mm

s_0 5,280 mm

s_p 7,255 mm

L_{unf} 12,476 mm

L_p 11,025 mm

F_p 68,704 N

t_1 36,061 MPa

t_0 681,157 MPa

t_p 935,970 MPa

v 7,770 mps

f 1967,111 Hz

W_s 0,132 J

l 156,000 mm

m 0,001 kg

Compression Spring Component Generator

Design f_0 Calculation
🔍

Spring Strength Calculation

Compression Spring Design

Calculation Options

Design Type

$F, D \rightarrow d, L_p, n, \text{Assembly Dimensions}$

Method of Stress Curvature Correction

No Correction

Design of Assembly Dimensions

Design of All Assembly Dimensions L_p, L_w, H

Load

Min. Load F_i 5,000 N

Max. Load F_a 50,000 N

Working Load F 28,000 N

Dimensions

Wire Diameter d 0,900 mm

Inside Diameter D_i 3 mm

Loose Spring Length L_0 10,200 mm

Spring Coils

Rounding of Coil Number 1

Active Coils n 5,000 ul

Spring Material

User material

Ultimate Tensile Stress σ_{ult} 1860,000 MPa

Allowable Torsional Stress τ_A 930,000 MPa

Modulus of Elasticity in Shear G 68500,000 MPa

Density ρ 7850 kg/m³

Utilization Factor of Material us 0,900 ul

Check of Buckling

Spring Type

Guided mounting - parallel ground ends

Fatigue Loading

Nonshot-peened spring

Spring Life in Thousands of Deflections N >10000

Safety Factor k_f 1,200 ul

Assembly Dimensions

$H, L_1 \rightarrow L_0$

Min. Load Length L_1 9,936 mm

Max. Load Length L_0 7,560 mm

Working Stroke H 2,376 mm

Working Load Length L_w 8,721 mm

Results

a 0,735 mm

t 1,635 mm

K_w 1,000 ul

k 18,941 N/mm

s_1 0,264 mm

s_0 2,640 mm

s_p 3,675 mm

L_{unf} 7,200 mm

L_p 6,525 mm

F_p 69,604 N

t_1 68,116 MPa

t_0 681,157 MPa

t_p 948,226 MPa

v 8,144 mps

f 3934,222 Hz

W_s 0,066 J

l 93,600 mm

m 0,000 kg

9.3 Lexique des abréviations et valeurs

Q = Débit d'aire [m³/h]

n = Vitesse de rotation[tr/h]

P = Pression

f= fréquence de rotation = 1440

Dcyl =diamètre cylindre =

Vcyl = Volume cylindre [mm³]

Hcyl =Hauteur cylindre = 30[mm]

mb = masse bielle = 29,172[g]

mp = masse piston = 21,797[g]

mr = masse roulement = 0,739 [g]

mf= masse fixation roulement = 0,739[g]

a= accélération

Rb = rayon bielle = 15

Lb = longueur bielle= 64.8

α= Coefficient de dilatation thermique

T = température