

**Contrôle continu 1 de Dimensionnement des  
Systèmes Mécaniques**

**Sylvain CLOUPET, Sylvain VERRON**

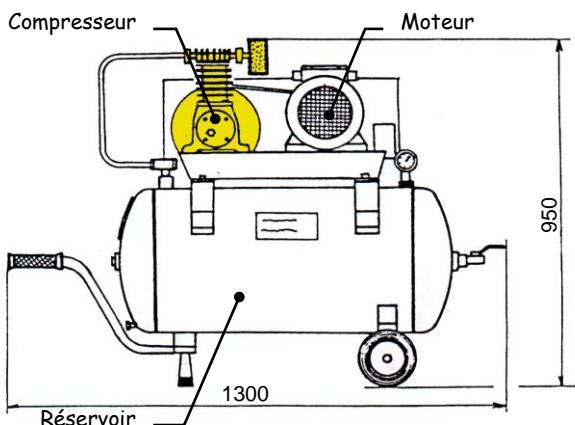
Date : 07/12/15

Durée : 1H20

Documents autorisés : Cours

**1<sup>ère</sup> partie : Hyperstatisme et PFS**

Le compresseur d'air représenté sur le dessin d'ensemble DT01 est destiné à alimenter une petite centrale de production d'air comprimé schématisée ci-contre.

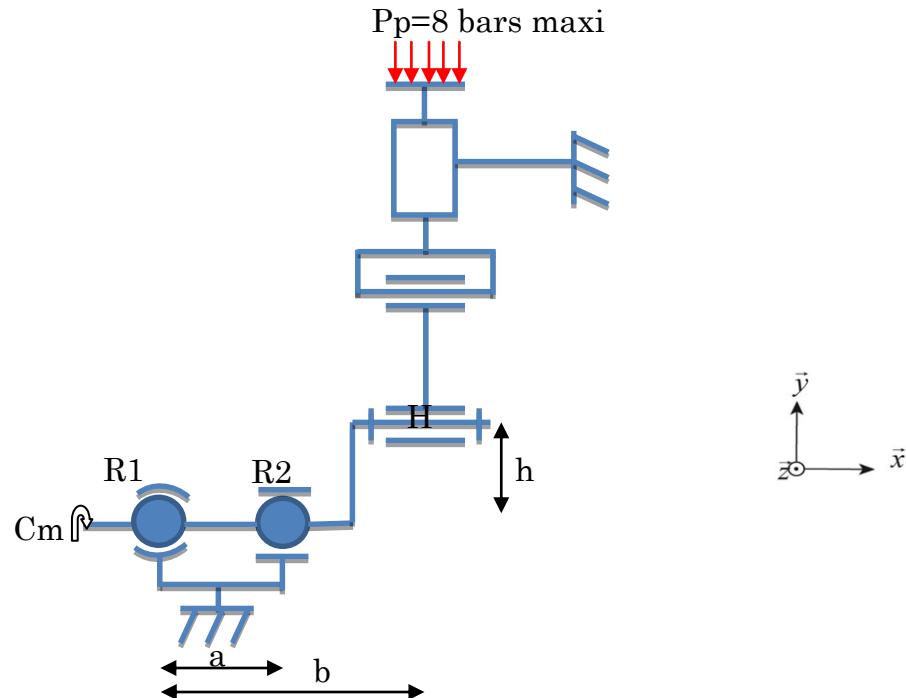


- Compresseur : Monocylindre débitant 37,5 l/mn à 1500 tr/mn à Patm (pression atmosphérique); chemise en acier; cylindre en alliage d'aluminium, socle en fonte
- Moteur : CEM de 1 KW, 3000 tr/mn
- Réservoir : 100 l
- Equipements : Dispositifs de mise à l'air de la canalisation pour démarrage à vide; soupape de sécurité; robinet de purge; manomètre 12 bars, clapet anti-retour; vanne cuve.
- Modes de fonctionnement : Marche manuelle ou automatique entre 6 et 8 bars par contacteur manométrique.

**FONCTIONNEMENT :**

Lorsque le vilebrequin (4) est entraîné en rotation par le moteur, la bielle (6) transmet au piston (7) un mouvement de translation rectiligne alterné; ainsi la descente du piston a pour effet "d'aspirer" l'air extérieur à la pression atmosphérique qui, pour entrer dans le cylindre, soulève le clapet d'admission. Lorsque le piston arrive à son point mort bas (PMB) l'air n'est plus aspiré et le clapet qui était ouvert se referme. Le piston (7) remonte, comprimant l'air qui a été aspiré; lorsque la pression intérieure du cylindre est égale à la pression de la cuve (réservoir), le second clapet se soulève et laisse passer l'air du cylindre vers la cuve.

A partir du plan d'ensemble du compresseur fourni en annexe, la schématisation cinématique suivante est proposée :



Le guidage en rotation de l'arbre moteur est assuré par deux roulements R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>. Le but de cette partie est de déterminer les actions de liaisons aux points O<sub>1</sub> et O<sub>2</sub> (centres respectifs de R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>).

On demande

1. Calculer le degré d'hyperstatisme hs de ce mécanisme.
2. Ecrire la forme des torseurs des actions mécaniques aux points O<sub>1</sub> et O<sub>2</sub>.
3. Ecrire le torseur de l'action mécanique au point H dû à la pression s'exerçant sur le piston (on fera l'hypothèse que la pression exercée est au maximum lorsque les pièces sont alignées à la verticale, et que donc l'effort dû à la pression sur le piston se transfère directement en H).
4. Après avoir ramené au point O<sub>1</sub>, l'ensemble des torseurs des efforts qui s'appliquent à l'arbre moteur, déterminer toutes les inconnues de liaison.
5. Question BONUS : Qu'arrive-t-il au couple moteur ? Cela vous paraît-il logique ? Expliquer. A quel instant celui-ci devrait-il être le plus important ?

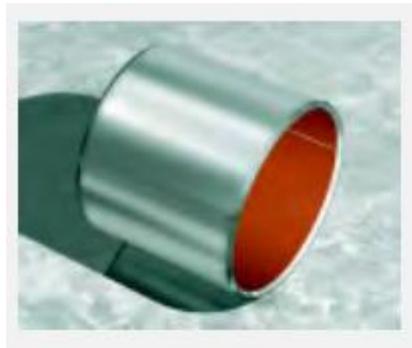
**Données :**

a	b	h	Pp	Rp (rayon du piston)
30 mm	50 mm	20 mm	8 bars	20 mm

**Rappel :** 1 bar =  $10^5$  Pa, et le piston est de forme cylindrique

## **2<sup>ème</sup> partie : Dimensionnement d'un guidage en rotation par palier lisse**

On s'intéresse désormais au dimensionnement du palier lisse (16) assurant le guidage en rotation de la bielle (6) par rapport à la manivelle (4+5). Le fonctionnement se fait en continu, et en environnement chaud ( $60^{\circ}\text{C}$ ). Son programme l'oblige à toujours être en mouvement. Le choix du concepteur se porte sur des paliers lisses de la marque GGB et plus particulièrement sur le modèle DP4.



**GGB DP4/DP4B™**

L'arbre (5) en acier inoxydable possède un diamètre de 20mm. Le palier sera soumis à l'unique effort radial  $F=1005\text{N}$ . La bielle, agissant comme logement pour ce palier, possède des qualités moyennes de dissipation calorifique. On considérera bien que nous sommes dans le cas d'une charge rotative avec  $N_{\text{bielle}}=500\text{tr/min}$ . Il n'est pas prévu de lubrification particulière. La durée de vie souhaitée est de 500h.

Quelle largeur de palier choisir ?

## Extraits du catalogue GGB pour le DP4

	Abrévia-tion	Valeur		Unité	Commentaire
		DP4	DP4B		
Caractéris-tiques physiques	Coefficient de dilatation thermique linéaire :				
	parallèle à la surface	$\alpha_1$	11	18	$10^{-6}/K$
	perpendiculaire à la surface	$\alpha_2$	30	36	$10^{-6}/K$
	Température maximale	$T_{max}$	+280	+280	°C
Caractéris-tiques mécaniques	Température minimale	$T_{min}$	-200	-200	°C
	Résistance à la compression	$\sigma_c$	350	300	MPa
	Pression spécifique maximale				
	Statique	$p_{sta,max}$	250	140	MPa
	Dynamique	$p_{dyn,max}$	140	140	MPa

Tab. 1: Caractéristiques physiques et mécaniques du DP4 et DP4B

	DP4	Unité
$p$	140	MPa
$v$	2,5	m/s
$pv$ Continu	0,5	MPa x m/s
$pv$ Intermittent	1,0	MPa x m/s

Tab. 9:  $p$ ,  $v$ ,  $pv$  courants

Conditions de fonctionnement	Nature du logement	Température d'environnement du palier $T_{amb}$ [°C] et Coefficient de température d'application $a_T$					
		25	60	100	150	200	280
Fonctionnement continu à sec	Qualités moyennes de dissipation calorifique	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Fonctionnement continu à sec	Logement embouti, ajouré ou isolé avec faibles qualités de dissipation calorifique	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	-
Fonctionnement continu à sec	Logement non métallique avec mauvaises qualités de dissipation calorifique	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-
Fonctionnement intermittent à sec (durée moins de 2 min, suivie par une longue période de repos)	Qualités moyennes de dissipation calorifique	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2

Tab. 10: Coefficient correcteur de température d'application  $a_T$

Matériau	Coefficient correcteur du contre-matériau $a_M$	Coefficient correcteur de durée de vie $a_L$
<b>Aacier et fonte</b>		
Acier au carbone	1	400
Acier au manganèse	1	400
Acier allié	1	400
Acier cémenté	1	400
Acier nitruré	1	400
Acier carbo-nitruré	1	400
Acier inoxydable (7-10 % Ni, 17-20 % Cr)	2	400
Fonte ( $0.3 \pm 0.1 \mu m R_a$ )	1	400

Tab. 11: Coefficient correcteur de contre-matériau  $a_M$  et coefficient correcteur de durée de vie  $a_L$

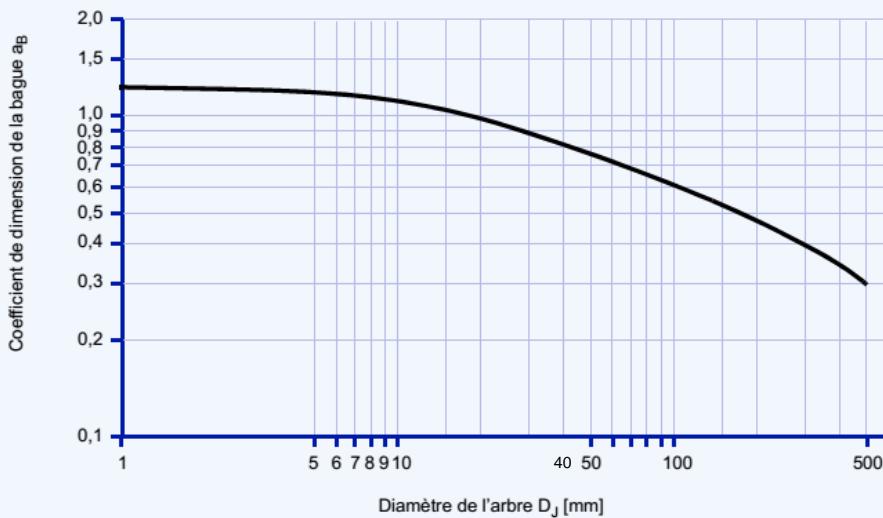


Fig. 21: Coefficient de dimension de la bague  $a_B$

### Coefficient correcteur de pression spécifique $a_E$

(4.4.4) [–]

$$a_E = \frac{p_{lim} - p}{p_{lim}}$$

### Facteur $pv$ corrigé

#### Bagues

(4.4.5) [MPa x m/s]

$$pv = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} F \cdot n}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B}$$

Où  $F$  est l'effort appliqué sur le palier (en N),  $n$  est la vitesse de rotation (en tr/min), et  $B$  est la longueur du palier (en mm).

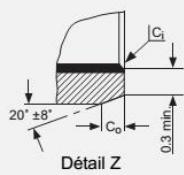
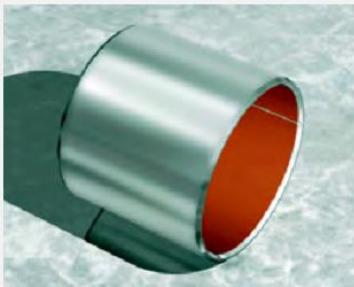
### Bagues, charge rotative (Fig. 23)

(4.4.10) [h]

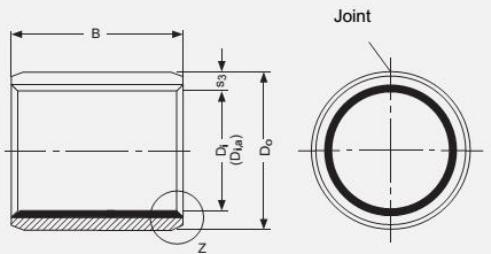
$$L_H = \frac{530}{pv} - a_L$$

Où  $L_H$  est la durée de vie exprimée en heure.

## 8.1 Bagues cylindriques DP4



Dimensions et tolérances suivant ISO 3547 et spécifications GGB



Toutes dimensions en mm

**Chanfreins extérieurs  $C_o$  et intérieurs  $C_i$**

Epaisseur de paroi $s_3$	$C_o$ (a)		$C_i$ (b)
	usiné	roulé	
0.75	$0.5 \pm 0.3$	$0.5 \pm 0.3$	-0.1 to -0.4
1	$0.6 \pm 0.4$	$0.6 \pm 0.4$	-0.1 to -0.5
1.5	$0.6 \pm 0.4$	$0.6 \pm 0.4$	-0.1 to -0.7

a = Chanfrein  $C_o$  usiné ou roulé

b =  $C_i$  peut être usiné ou roulé, en concordance avec la norme ISO 13715

Epaisseur de paroi $s_3$	$C_o$ (a)		$C_i$ (b)
	usiné	roulé	
2	$1.2 \pm 0.4$	$1.0 \pm 0.4$	-0.1 to -0.7
2.5	$1.8 \pm 0.6$	$1.2 \pm 0.4$	-0.2 to -1.0

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi $s_3$	Largeur B	$\varnothing$ d'arbre $D_j$ [h6, f7, h8]	$\varnothing$ du logement $D_h$ [H6, H7]	$\varnothing$ de la bague $D_{l,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu $C_D$
	$D_l$	$D_o$						
1810DP4	18	20	1.005 0.980	10.25 9.75 15.25 14.75 20.25 19.75 25.25 24.75	17.984 17.966	20.021 20.000	18.061 17.990	0.095 0.006
1815DP4								
1820DP4								
1825DP4								
2010DP4								
2015DP4	20	23	1.505 1.475	10.25 9.75 15.25 14.75 20.25 19.75 25.25 24.75 30.25 29.75	19.980 19.959	23.021 23.000	20.071 19.990	0.112 0.010
2020DP4								
2025DP4								
2030DP4								
2215DP4								
2220DP4	22	25	1.505 1.475	15.25 14.75 20.25 19.75 25.25 24.75 30.25 29.75	21.980 21.959	25.021 25.000	22.071 21.990	0.112 0.010
2225DP4								
2230DP4								
2415DP4	24	27	1.505 1.475	15.25 14.75 20.25 19.75 25.25 24.75 30.25 29.75	23.980 23.959	27.021 27.000	24.071 23.990	0.112 0.010
2420DP4								
2425DP4								
2430DP4								

DT 01

