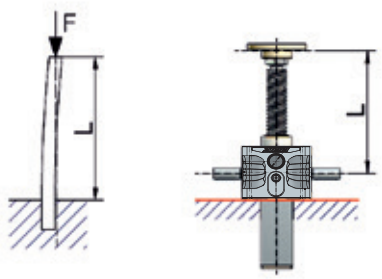
Charge critique de flambage de la vis du vérin

Euler 1



Non guidée

Formule :

$$I = \frac{F \times v \times (L \times 2)^2}{\pi^2 \times E} \qquad \text{alors } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

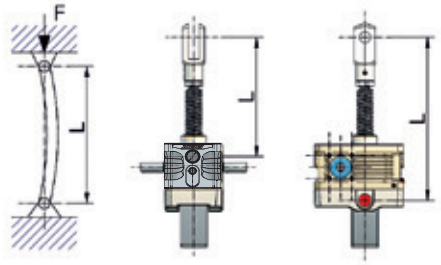
Exemple :

$$I = \frac{45.000\ N \times 3 \times (1.320\ mm \times 2)^2}{\pi^2 \times 210.000\ N/mm^2} = \frac{9{,}40896^{11}\ mm^4}{2.072.616{,}924} = 453.965{,}22\ mm^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{453.965{,}22\ mm^4 \times 64}{\pi}}$$

= 55,15 mm diamètre minimum du noyau
= Z-250 (noyau de visØ = 59,6 mm)

Euler 2



Version S guidée

Entraînement pivotant

Formule :

$$I = \frac{F \times v \times L^2}{\pi^2 \times E} \qquad \text{alors } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

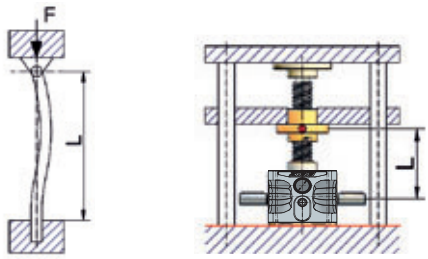
Exemple :

$$I = \frac{45.000\ N \times 3 \times (1.320\ mm)^2}{\pi^2 \times 210.000\ N/mm^2} = \frac{2{,}35224^{11}\ mm^4}{2.072.616{,}924} = 113.491{,}305\ mm^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{113.491{,}305\ mm^4 \times 64}{\pi}}$$

= 38,99 mm diamètre minimum du noyau
= ZE-100 (noyau de visØ = 43,6 mm)

Euler 3



Version R guidée

Formule :

$$I = \frac{F \times v \times (L \times 0{,}7)^2}{\pi^2 \times E} \qquad \text{alors } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Exemple :

$$I = \frac{45.000\ N \times 3 \times (1.320\ mm \times 0{,}7)^2}{\pi^2 \times 210.000\ N/mm^2} = \frac{1{,}15259^{12}\ mm^4}{2.072.616{,}924} = 55.610{,}7396\ mm^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{55.610{,}739\ mm^4 \times 64}{\pi}}$$

= 32,62 mm diamètre minimum du noyau
= ZE-50/Tr50 (noyau de visØ = 39,8 mm)

	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35/50	ZE-50/ Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Filetage trapézoïdal Tr Ø noyau en mm (Min.)	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20
	10,9	12,9	14,9	22,1	31	39,8	43,6	48,6	55,2	59,6	80,6	99,6	115	135
Vis à billes KGT Ømm Ø noyau en mm (Min.*)	16	16	25	32	40	-	50	63	80	80	100	125	140	160
	12,9	12,9	21,5	27,3	34,1	-	43,6	51,8	67	67	87,4	107,8	117	132,8

**Selon le pas de vis, le Ø du noyau peut être plus grand. Le Ø du noyau exact se trouve dans la page KGT aux chapitre 2.*

Définitions :
I = moment d'inertie en mm⁴
F = charge max./vérin en N
L = longueur de vis libre en mm
E = module d'élasticité de l'acier (210.000N/mm²)
v = coefficient de sécurité (normalement 3)
d = diamètre minimum du noyau de vis

Exemple :

F = 45.000N/vérin
L = 1320 mm
v = 3

Vitesse critique de rotation vérins R

Vitesse maximum admissible de la vis

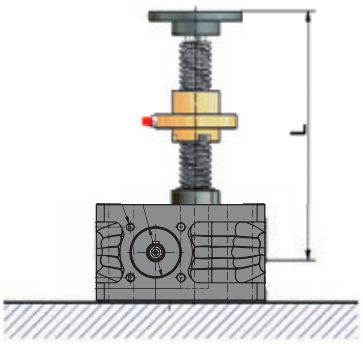
$n_{zul} = 0{,}8 \times n_{kr} \times f_{kr}$

n_{zul} vitesse maximum admissible de la vis (rpm)

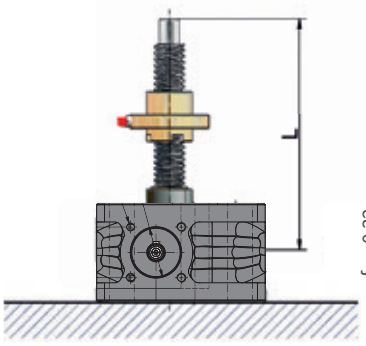
n_{kr} vitesse critique théorique de la vis (rpm) produisant des vibrations (voir diagramme)

f_{kr} facteur de correction prenant en compte le type de support de la vis

La vitesse de service ne doit pas être périeure à 80 % de la vitesse maximum

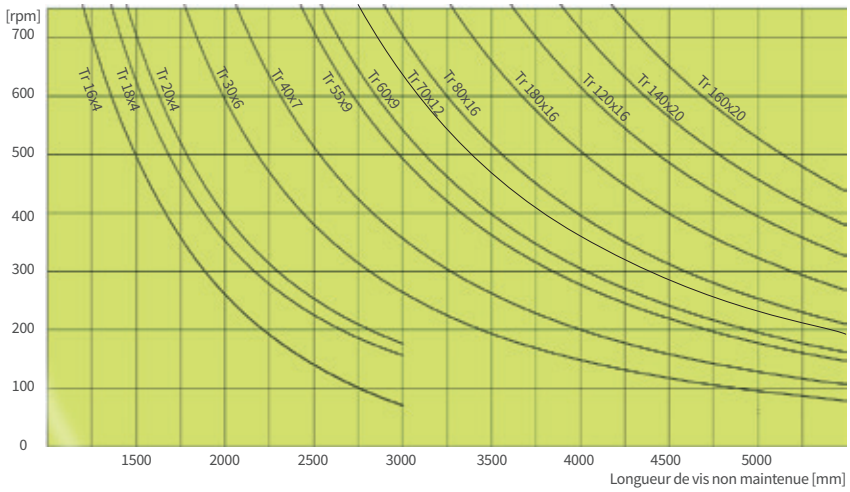


Avec palier
(solution préférentielle)



Sans palier
(à éviter si possible)

$$\text{Vitesse de la vis} = \frac{\text{Vitesse nominale}}{i_{\text{Vérin}}}$$



Pour les vérins R (à vis tournante) à vis longue et de petit diamètre, il est nécessaire de déterminer la vitesse maximum admissible de la vis. Pour cela, relever la vitesse critique théorique ncr correspondante dans le diagramme ci-dessus. Pour déterminer la longueur de vis non maintenue, tenir également compte de la longueur du soufflet, etc. La formule ci-dessus et le facteur de correction permettent de calculer la vitesse maximum admissible de la vis.

Si la vitesse maximum admissible ainsi calculée est inférieure à la vitesse nécessaire, utiliser une vis de plus grand diamètre ou une vis à filetage double tournant à la moitié de la vitesse nécessaire ; recontrôler ensuite la vitesse.
Pour les versions R, il est possible d'utiliser une vis renforcée (vis du vérin de la taille immédiatement supérieure). Dans ce cas, ne pas oublier qu'un pas de vis plus grand nécessite un couple supérieur à l'entrée du vérin.

ATTENTION :
Les vis longues et de petit diamètre peuvent grincer même si la vitesse critique de rotation est respectée ! Veiller en conséquence à une sécurité suffisante.

Calcul du moment de couple moteur [MG] d'un vérin de levage

Les données ci-contre permettent de calculer le moment de couple nécessaire à l'entrée du vérin.
Pour les vérins à vis trapézoïdale à un filetage, on peut aussi simplement multiplier le facteur de la page respective du vérin par la charge.

Formule :

1) Moment de couple à l'entrée : $M_G = \frac{F\,[kN] \times P\,[mm]}{2 \times \pi \times \eta_{vérin} \times \eta_{vis} \times i}$

2) Puissance moteur : $P_M\,[kW] = \frac{M_G\,[Nm] \times n\,[min^{-1}]}{9550}$

3) Coefficient de sécurité :
Nous vous recommandons de multiplier la valeur calculée par un coefficient de sécurité de 1,3 à 1,5.
2 pour les petites installations, les vitesses faibles et des températures basses).

Charge minimale :
Lorsque les charges dynamiques sont faibles, les pertes à vide se font proportionnellement plus sentir. Calculez donc l'entraînement avec au moins 15% de la charge nominale du réducteur, même si la charge effective est plus faible (par ex. ZE-50 avec au moins 7,5 kN).

Exemple :

1) $M_G = \frac{12\,kN \times 6\,mm}{2 \times \pi \times 0{,}87 \times 0{,}39 \times 6} = \mathbf{5{,}63}$

2) $P_M = \frac{5{,}63\,Nm \times 1500\,min^{-1}}{9550} = \mathbf{0{,}88\,kW}$

3) Exemple :
0,88 kW x 1,5 = 1,32 kW ⟶ Moteur 1,5 kW

Définitions :

M_G	**moment de couple moteur [Nm] pour un vérin**
F	**charge de levage (dynamique)[kN]**
$\eta_{vérin}$	**rendement du vérin de levage (sans sa vis)**
η_{vis}	**rendement de la vis seule**
P	**pas de la vis [mm]**
i	**démultiplication du vérin de levage**
P_M	**puissance d'entraînement du moteur**

Exemple :

ZE-25-SN
F = 12 kN (charge dynamique)
ηVérin = 0,87 ηVis = 0,39
i = 6 P = 6

Rendement du vérin de levage $\eta_{Vérin}$ (sans vis)

i	rpm	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	0,87	0,81	0,83	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	0,87	0,82	0,84	0,87	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	-	-	-	-
N	1000	0,86	0,82	0,82	0,86	0,87	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	750	0,86	0,82	0,84	0,85	0,86	0,85	0,87	0,88	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	500	0,85	0,82	0,84	0,83	0,85	0,84	0,85	0,87	0,90	0,89	0,9	0,92	0,87	0,89
N	100	0,74	0,77	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,8	0,85	0,83	0,86	0,87	0,81	0,84
L	3000	0,78	0,74	0,78	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,77	0,70	0,74	0,72	0,64	0,66	0,67	0,67	0,77	0,78	-	-	-	-
L	1000	0,75	0,67	0,72	0,7	0,64	0,66	0,65	0,66	0,77	0,77	0,78	0,76	0,67	0,76
L	750	0,74	0,65	0,7	0,68	0,64	0,66	0,65	0,65	0,77	0,76	0,78	0,75	0,66	0,76
L	500	0,71	0,62	0,67	0,65	0,63	0,65	0,65	0,63	0,76	0,75	0,77	0,73	0,65	0,75
L	100	0,54	0,53	0,59	0,54	0,52	0,55	0,57	0,53	0,67	0,65	0,67	0,61	0,58	0,66

Rendement de la vis η_{vis} **calculé avec le coefficient de frottement μ = 0,11**

Vis Tr 1 filetage	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20	Vis à billes
Rendement	0,45	0,42	0,39	0,39	0,35	0,33	0,34	0,32	0,35	0,39	0,33	0,29	0,30	0,27	
Vis Tr à filetage double	16x8P4	18x8P4	20x8P4	30x12P6	40x14P7	50x16P8	55x18P9	60x18P9	70x24P12	80x32P16	100x32P16	120x32P16	140x40P20	160x40P20	0,9
Rendement	0,62	0,59	0,56	0,56	0,53	0,50	0,51	0,48	0,52	0,56	0,50	0,45	0,47	0,44	

Moments de couple maximum

Moment de couple max. à l'entrée

Pour assurer une durée de vie maximale du vérin, les valeurs indiquées cicontre ne doivent pas être dépassées. Pour des heures de fonctionnement réduites, des valeurs supérieures sont possibles, après nous avoir consulté.

Moment de couple MR [Nm] max. à l'entrée

i	rpm	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	1,2	4	11	17	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	1,4	4,7	13,5	18	19,8	31,5	31,5	53,4	75,1	155	152	-	-	-	-
N	1000	1,5	5,6	14	22	20,8	36,8	36,8	60,8	77,7	155	152	265	408	480	680
N	500	1,6	6,1	16,7	28	24,8	46,5	46,5	75,3	95	156	160	350	500	640	960
L	3000	0,5	1,4	5,7	8,5	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,5	1,5	7,5	10	9	10,4	10,4	13,5	20,7	61	41,4	-	-	-	-
L	1000	0,5	1,8	8,7	11	9,7	14,9	14,9	15,4	23,7	61	47,4	100	170	210	450
L	500	0,6	2,2	10,7	14	11,1	19,2	19,2	18,9	29,4	62	63,5	112	220	240	580

Les valeurs limites sont à considérer en tenant compte des facteurs mécaniques et thermiques dus au taux d'utilisation du vérin

Moment de couple passant max.

Pour plusieurs vérins en série, le moment de couple passant peut être nettement supérieur au moment de couple maximum à l'entrée. Seul l'arbre est soumis à la torsion, et pas la denture.

Moment de couple passant max. vis sans fin [Nm]

GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
9	39	57	108	130	260	260	540	540	700	770	1800	1940	4570	4570

Moment de couple moteur pour les ensembles de levage

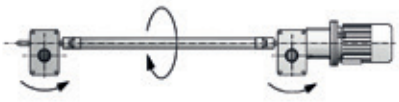
– Calcul exact

Information

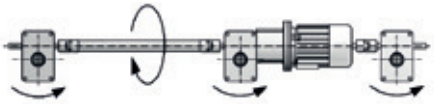
Le moment de couple moteur nécessaire pour entraîner un ensemble de levage est égal à la somme des moments de couple de chaque vérin de levage à laquelle s'ajoute, pour les pertes par frottement, le couple nécessaire pour entraîner les masses annexes tels accouplements, renvois d'angle, arbres de transmission, etc.

Pour en simplifier le calcul, nous vous indiquons ci-après les coefficients de sécurité à appliquer pour trouver le moment de couple MR pratique des ensembles de levage courants.

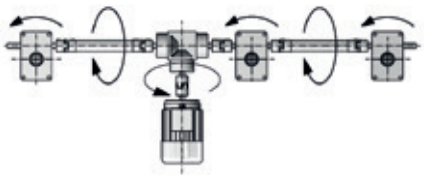
M_R – Moment de couple moteur total pour l'installation complète
M_G - Moment de couple moteur pour un vérin
M_A – Moment de démarrage maximum max. 1,5 x M_R



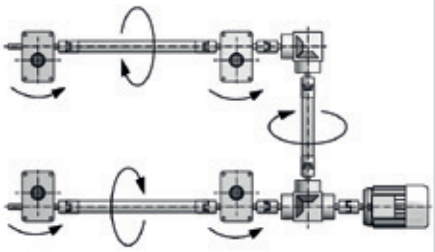
$M_R = M_G \times 2{,}1$



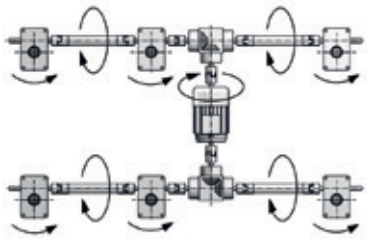
$M_R = M_G \times 3{,}1$



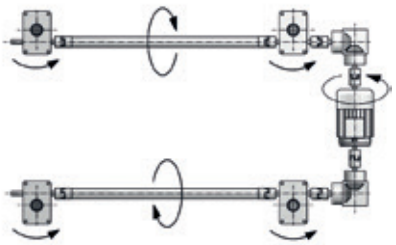
$M_R = M_G \times 3{,}6$



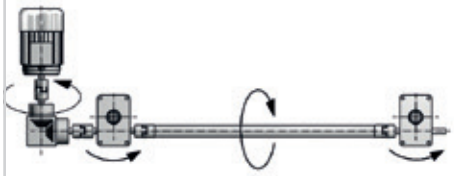
$M_R = M_G \times 4{,}9$



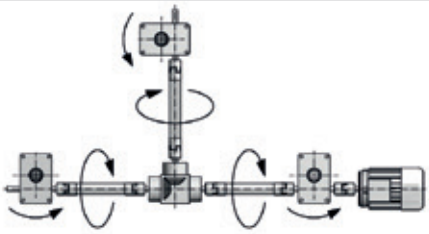
$M_R = M_G \times 7{,}1$



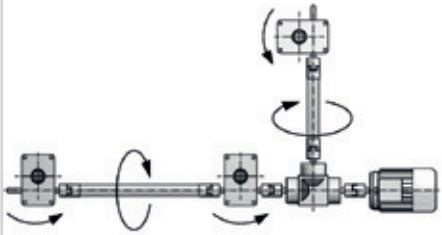
$M_R = M_G \times 4{,}8$



$M_R = M_G \times 2{,}4$



$M_R = M_G \times 3{,}5$

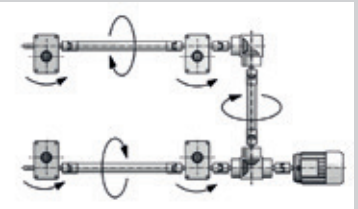


$M_R = M_G \times 3{,}6$

Attention

Nous vous recommandons de multiplier la valeur calculée par un coefficient de sécurité de 1,3 à 1,5. 2 pour les petites installations, les vitesses faibles et des températures basses).

Exemple (12 kN par vérin)

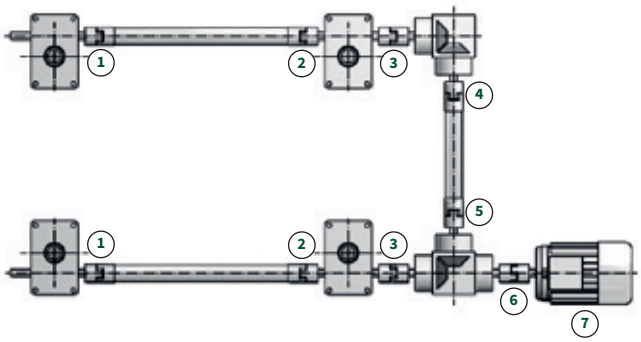


$M_R = M_G \times 4{,}9 = 5{,}63\ Nm \times 4{,}9$ = **27,59 Nm**
⟶ x coef. de sécurité 1,5 = **41,38 Nm**
$M_A = M_R \times 1{,}5 = 41{,}38\ Nm \times 1{,}5$ = **62,07 Nm**

Moment de couple à l'entrée pour les ensembles de levage

– Calcul exact

Dans l'exemple de calcul suivant, les rendements des arbres de transmission (η 0,95) et des renvois d'angle (η 0,9) sont intégrés au calcul.



Formule vérin :

Moment de couple : $M_G = \frac{F\,[kN] \times P\,[mm]}{2 \times \pi \times \eta_{Vérin} \times \eta_{Vis} \times i}$

Rendements :

Arbres de transmission : η 0,95

Renvois d'angle : η 0,90

Exemple :

1)	$MG = \frac{12kN \times 6mm}{2 \times \pi \times 0,87 \times 0,39 \times 6}$	=	**5,63**
2)	$\frac{5,63\ Nm}{0,95}$ (Rendement de l'arbre de transmission)	=	**5,93 Nm**
3)	5,63 Nm + 5,93 Nm	=	**11,56 Nm**
4)	$\frac{11,56\ Nm}{0,9}$ (Rendement du renvoi d'angle)	=	**12,84 Nm**
5)	$\frac{12,84\ Nm}{0,95}$	=	**13,52 Nm**
6)	(11,56 Nm + 13,52 Nm)/0,9	=	**27,87 Nm**
7)	27,87 Nm x 1,5	=	**41,8 Nm**

Z-25-SN

F = 12 kN (charge de levage dynamique par vérin)

$\eta_{Vérin} = 0,87$ $\eta_{Vis} = 0,39$

i = 6 P = 6

11,56 Nm x 1,5 = 17,34 Nm
(KSZ-H-25-L est OK- voir chapitre 5)

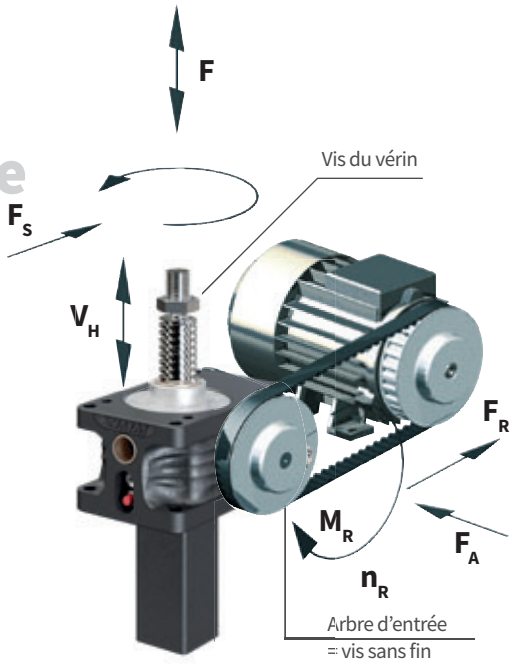
41,8 Nm
(KSZ-H-35-T est OK - voir chapitre 5)

Sélection du moteur : 132M-P4-7,5 kW (50 Nm)
(moteurs, voir chapitre 3)

Attention

Nous vous recommandons de multiplier la valeur calculée par un coefficient de sécurité de 1,3 à 1,5. 2 pour les petites installations, les vitesses faibles et des températures basses).

Forces / Moments de couple maximum admissibles



Charges radiales sur la vis du vérin

Les charges radiales maximum admissibles sont indiquées dans le tableau ci-contre. Les charges radiales doivent être systématiquement absorbées par des guidages. La bague de guidage dans le carter n'a qu'une fonction de guidage secondaire. Les charges radiales effectives doivent être inférieures à celles du tableau.

ATTENTION : ADMISSIBLES UNIQUEMENT EN STATIQUE !

Charge radiale maximum F_S [N] (uniquement statique) — **Longueur sortie de la vis en mm**

ZE/Z	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	2000	2500	3000
5	360	160	100	70	55	45	38	32	28	25	20	18	12	-	-
10	600	280	180	130	100	80	70	60	50	47	40	30	20	15	-
25	900	470	300	240	180	150	130	110	100	90	70	60	45	35	30
35	1300	700	450	360	270	220	190	160	150	130	100	90	60	50	40
50	3000	2000	1300	900	700	600	500	420	380	330	280	230	160	130	100
100	5000	4000	3000	2300	1800	1500	1300	1100	950	850	700	600	400	350	250
150	5500	5000	3900	2800	2300	1800	1500	1300	1200	1000	850	750	500	400	350
200	7500	7200	5400	4000	3200	2500	2100	1800	1700	1500	1200	1050	700	600	500
250	9000	9000	6500	4900	3800	3000	2500	2200	2000	1900	1450	1250	900	760	660
350	15000	13000	12000	10000	8800	7000	6000	5500	4800	4300	3500	3000	2000	1600	1400
500	29000	29000	29000	29000	24000	20000	17000	15000	15000	14000	12000	9000	7000	5600	4900
750	34800	34800	34800	34800	34800	28800	24000	20400	18000	16800	14400	10800	8400	6720	5880
1000	46000	46000	39000	36000	320000	30000	25000	290000	25000	23500	20000	17000	12000	10000	8000

Charge radiale sur l'arbre d'entrée

En cas d'utilisation de chaînes à rouleaux ou de courroies, les valeurs ci-contre ne doivent pas être dépassées.

Charge radiale FR [N] maximum de l'arbre d'entrée

	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
FR max.	110	190	260	260	420	650	670	1000	1100	1400	2600	3000	3400

Définition des charges :

- F - charge en traction et/ou en compression
- F_S - charge radiale sur la vi
- v_H - vitesse d'avance linéaire de la vis (ou de l'écrou pour les vérins R)
- F_A - charge axiale sur l'arbre d'entrée
- F_R - charge radiale sur l'arbre d'entrée
- M_R - moment de couple à l'entrée
- n_R - nombre de tours à l'entrée

Détermination des longueurs - vis et tube de protection

Gain de temps

Le configurateur en ligne de ZIMM vous permettent de déterminer vous-même les longueurs des vis et des tubes de protection. Vous pourrez ainsi calculer rapidement les encombrements de vos vérins de levage.

Systématiquement

En fonction de la version et des composants utilisés, la vis (et le tube de protection pour la version S) devra être rallongée. Ces augmentations sont le minimum nécessaire. Pour les situations de montage spéciales, faire un dessin ou contacter nos techniciens.

Course + longueur de base (+ divers prolongements pour variantes / composants)

Exemple S :

ZE-25-SN, course 250 mm :
- Soufflet ZE-25-FB-300 (ZD=70mm)
- Plateau de fixation BF (d'où soufflet sans bague de fixation)
- Anti-rotation VS
- Interrupteur de fin de course ESSET

Longueur de la vis Tr :

250 course	+	180 longueur de base	+	44 soufflet (70 - 26 = 44)	+	45 Interrupteur de fin de course + anti-rotation	=	**519 mm** **longueur de la vis**

Longueur du tube de protection SRO :

250 course	+	53 longueur de base	+	72 Interrupteur de fin de course + anti-rotation	=	**375 mm** **longueur du tube de protection**

Exemple R :

ZE-25-RN, course 250 mm :
- Vis avec embout lisse (pour palier GLP)
- Soufflet ZE-25-FB-300 (ZD=70mm) au-dessus et en dessous de l'écrou
- Écrou Duplex DM

Longueur de la vis Tr:

250 course	+	189 longueur de base	+	60 soufflet côté vérin (70 - 10 = 60)	+	55 2e soufflet (70 - 15 = 55)	+	50 écrou Duplex	=	**554 mm** **longueur de la vis**

La détermination des longueurs des arbres de transmission se trouve au chapitre 4.