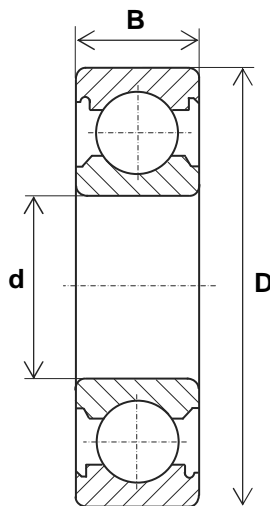


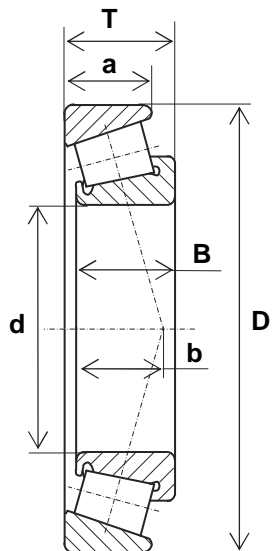
Figure 11 - Schéma technologique du système étudié

DOCUMENT 2



DESIGNATION	d	D	B	C	C_0
	mm	mm	mm	N	N
61802	15	24	5	2080	1260
61902	15	28	7	4350	2850
62202	15	35	14	7700	3750
62302	15	42	17	11300	5400
61803	17	26	5	2230	1460
61903	17	30	7	4600	2550
62203	17	40	16	9500	4750
62303	17	47	19	13600	6600
61804	20	32	7	3500	1930
61904	20	37	9	6000	2900
62204	20	47	18	12800	6600
62304	20	52	21	15900	7900
61805	25	37	7	3850	2420
61905	25	42	9	6700	3600
62205	25	52	18	14000	7900
62305	25	62	24	23600	12100
61806	30	42	7	4150	2900
61906	30	47	9	7200	4350
62206	30	62	20	19500	11300
62306	30	72	27	28000	15800

Figure 12 – Roulements à une rangée de billes SNR



DESIGNATION	d	D	T	B	a	b	C	C_0	e	Y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	N		
30203	17	40	13,3	12	11	9,75	20800	19000	0,34	1,74
30303	17	47	15,3	14	12	10	29000	26500	0,29	2,1
30204	20	47	15,3	14	12	11,25	30500	31000	0,35	1,74
30304	20	52	16,3	15	13	11,6	35000	33500	0,3	2
32005	25	47	15	15	11,5	11,5	28500	31500	0,43	1,39
32205	25	52	19,3	18	15	13,7	38500	43500	0,39	1,5
32305	25	62	25,3	24	20	15,6	62500	66000	0,3	2
32006	30	55	17	17	13	13,5	38000	45000	0,43	1,39
32206	30	62	17,3	16	14	13,75	46000	48500	0,37	1,6
32306	30	72	28,8	27	23	18	80000	88500	0,32	1,9
32007	35	62	18	18	14	15	46500	56000	0,45	1,32
32207	35	72	24,3	23	19	18,25	70000	80000	0,37	1,6
32307	35	80	32,8	31	25	20,7	99000	111000	0,32	1,9
32008	40	68	19	19	14,5	15	53000	65000	0,38	1,58
32208	40	80	24,8	23	19	19,75	78000	88000	0,37	1,6
32308	40	90	35,3	33	27	23,4	120000	145000	0,35	1,7

Figure 13 - Roulements à rouleaux coniques SNR

DOCUMENT 3

■ Données techniques des servomoteurs de la série HC-RFS (B) modèle 200 V

Servo motor model	HC-RFS103 (B) ④	HC-RFS153 (B) ④	HC-RFS203 (B) ④	HC-RFS353 (B) ④	HC-RFS503 (B) ④
Servoamplificateur utilisable	MR-J2S-200A/B	MR-J2S-200A/B	MR-J2S-350A/B	MR-J2S-500A/B	MR-J2S-500A/B
Puissance apparente d'entrée [kVA] ①	1,7	2,5	3,5	5,5	7,5
Fonctionnement continu					
puissance nominale de sortie [kW]	1	1,5	2	3,5	5,0
couple nominal [Nm]	3,18	4,78	6,37	11,1	15,9
Couple maximale [Nm]	7,95	11,9	15,9	27,9	39,7
Vitesse nominale [tr/min]	3000	3000	3000	3000	3000
Vitesse maximale [tr/min]	4500	4500	4500	4500	4500
Vitesse maximale admissible [tr/min]	5175	5175	5175	5175	5175
Intensité nominale [A]	6,1	8,8	14	23	28
Intensité maximale [A]	18,4	23,4	37	58	70
Cycles de freinage sans résistance de freinage suppl. de la résistance de freinage [1/min] ③	1090	860	710	174	125
avec MR-RFH400 (600 W)	5450	4300	3550	669	479
Moment d'inertie J [$\times 10^{-4}$ kg m ²]	1,5	1,9	2,3	8,6	12
Rapport recommandé entre le moment d'inertie de la charge et le moment d'inertie du servomoteur	≤ 5				
Détecteur de vitesse / position	Résolution par encodeur / rotation du servomoteur : 131072 impulsions/tour (17 bit)				
Structure	Refroidissement naturel (classe de protection : IP 65)				
Conditions ambiantes	température ambiante : Fonctionnement : 0 – 40 °C (sans exposition au gel); stockage : -15 – 70 °C (sans exposition au gel) humidité relative de l'air : Fonctionnement : maximum 80 % (sans condensation); stockage : maximum 90 % (sans condensation) environnement : Implantation à l'intérieur (pas de lumière directe du soleil); aucun gaz agressif ou inflammable, aucune vapeur d'huile, aucun poussière altitude/ vibrations ③ : Maximum 1000 m d'altitude; résistance aux vibrations X: 24,5 m/s ² , Y: 24,5 m/s ²				
Poids [kg]	3,9	5,0	6,2	12	17
Référence de commande	Réf 134853	134854	134855	134856	134857

Figure 14 - Données techniques des servomoteurs de la série HC-RFS

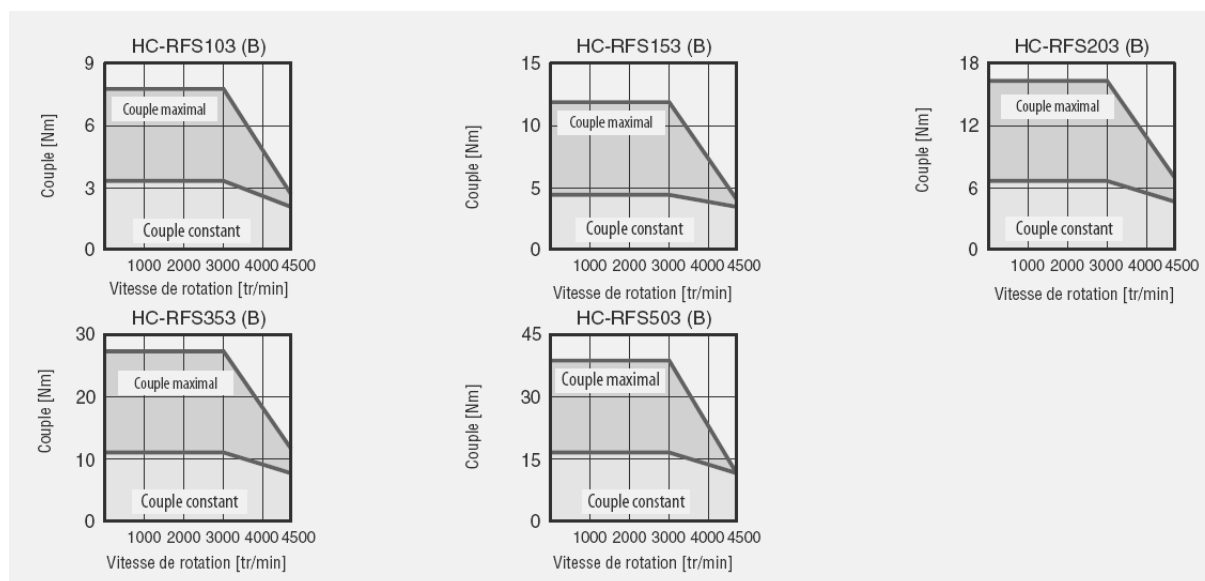
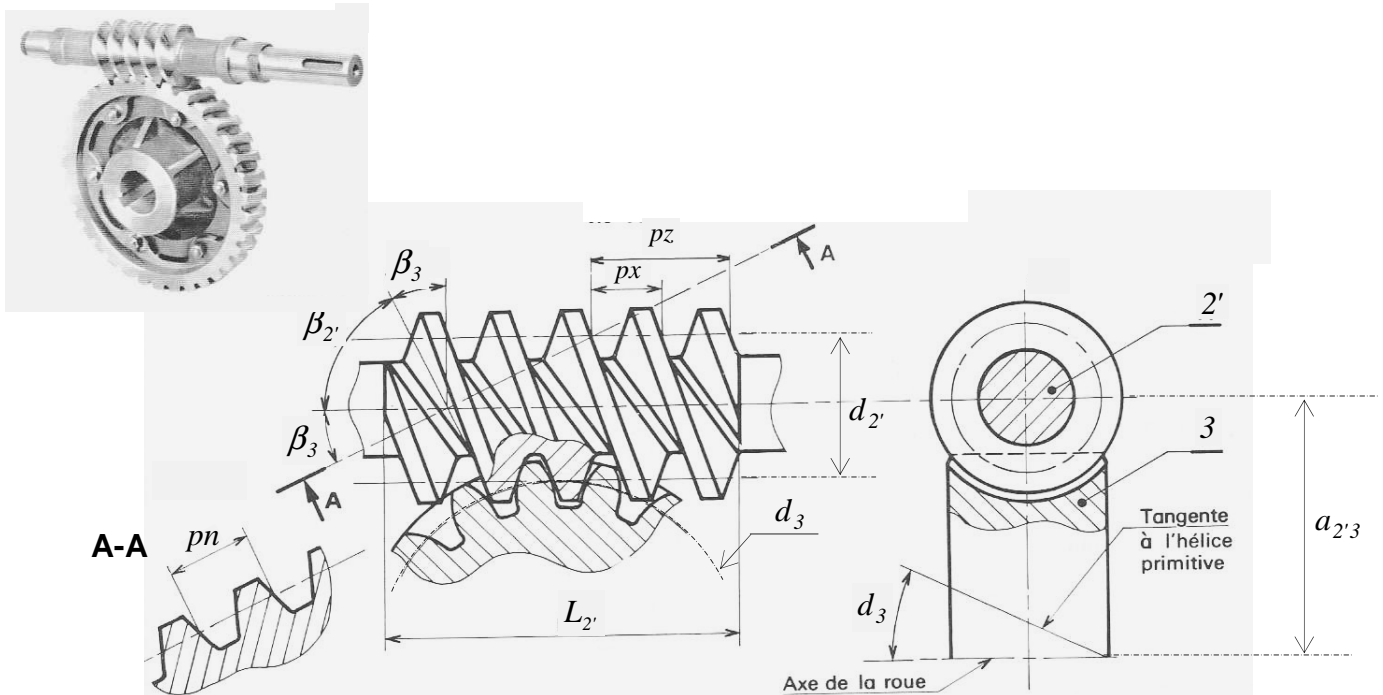


Figure 15 - Caractéristiques du couple des servomoteurs de la série HC-RFS

DOCUMENT 4 : Caractéristiques des systèmes roue et vis sans fin



Les systèmes roue et vis sans fin sont caractérisés par les paramètres suivants :

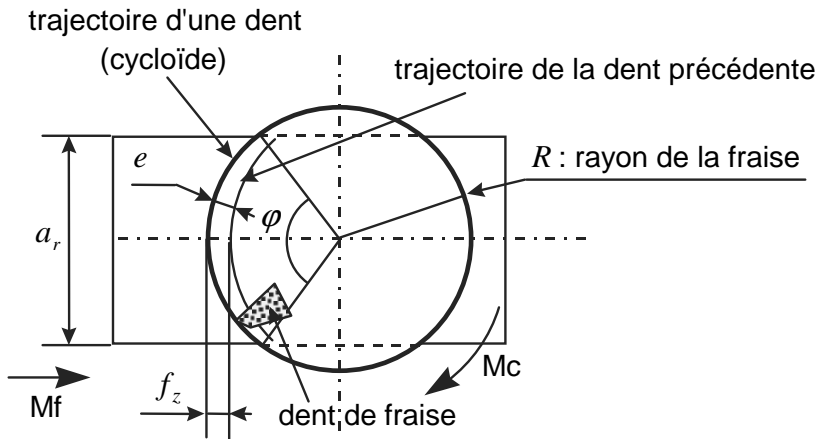
- Nombre de filets de la vis sans fin : Z_2' ;
- Nombre de dents de la roue : Z_3 ;
- Angles d'inclinaison de l'hélice de la vis : β_2' ;
- Angles d'inclinaison de l'hélice de la roue : β_3 ;
- Module pour la vis et pour la roue : $m_{2'3}$;
- Pas de la vis : $pn = m_{2'3} \cdot \pi$;
- Pas axial de la vis : $px = \frac{pn}{\cos \beta_3}$;
- Pas de l'hélice de la vis : $pz = px \cdot Z_2'$;
- Diamètre primitif de la vis : $d_2' = \frac{pz}{\pi \cdot \tan \beta_3} = \frac{m_{2'3} \cdot Z_2'}{\cos \beta_2'}$;
- Diamètre primitif de la roue : $d_3 = \frac{m_{2'3} \cdot Z_3}{\cos \beta_3}$;
- Longueur de la vis : L_2' ;
- Angle de frottement entre la vis et la roue : $\varphi_{2'3}$;
- Rendement du système : $\eta_{2'3} = \frac{\tan \beta_3}{\tan (\beta_3 + \varphi_{2'3})}$.

$$\beta_2' + \beta_3 = 90^\circ$$

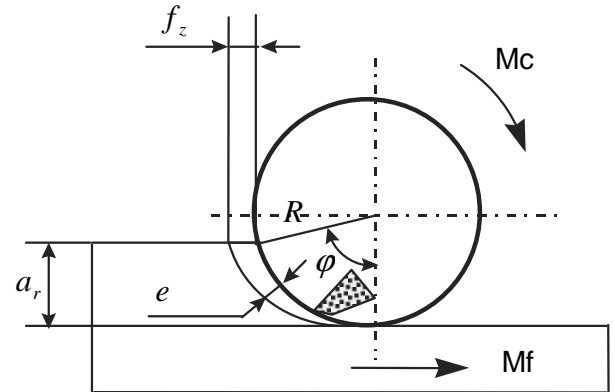
1- Etude des efforts de coupe en fraisage

En fraisage, contrairement au tournage, on constate que la section du copeau n'est pas constante pendant la coupe. Par conséquent, l'effort de coupe sur une dent en prise est variable.

Exemple pour un surfacage centré



Exemple pour un fraisage de profil



a_r : engagement radial
 f_z : avance par dent
 φ : angle d'engagement d'une dent
 e : épaisseur variable du copeau

1-1 Détermination de l'épaisseur moyenne du copeau

L'aire de copeau enlevé par une dent est : $A = a_r \cdot f_z$

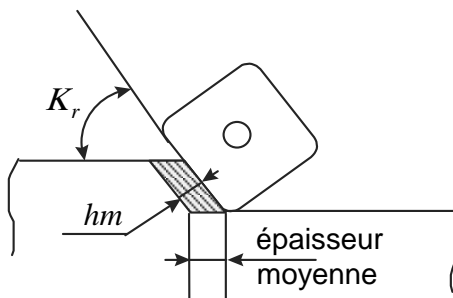
La longueur parcourue par la dent est : $L = R \cdot \varphi$ avec φ en radians

L'épaisseur moyenne du copeau est donc : $hm = \frac{A}{L} = \frac{a_r \cdot f_z}{R \cdot \varphi}$

En surfacage centré : $\varphi = 2 \cdot \text{Arc sin} \left(\frac{a_r}{2R} \right)$

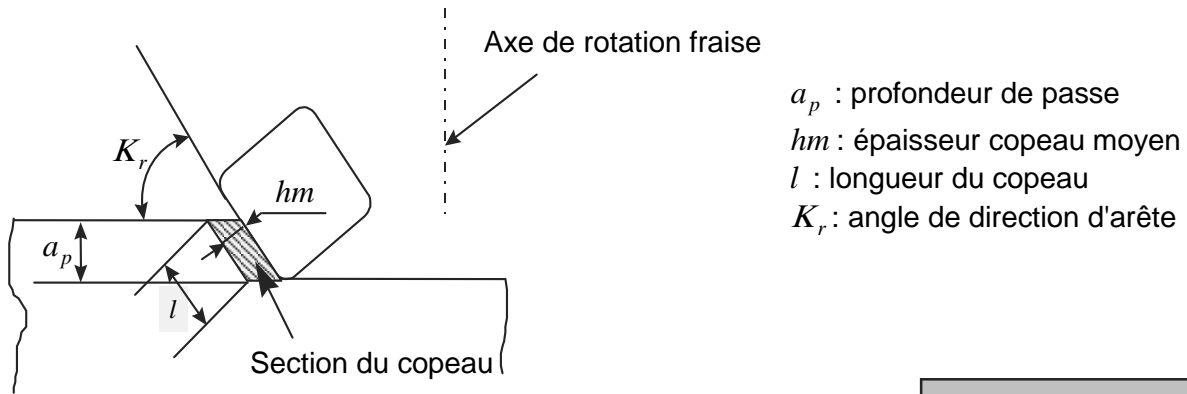
En fraisage de profil : $\varphi = \text{Arc cos} \left(\frac{R - a_r}{R} \right)$

Etude de l'influence de l'angle K_r d'orientation de l'arête :



$$hm = \frac{a_r \cdot f_z \cdot \sin K_r}{R \cdot \varphi}$$

1-2 Détermination de l'effort de coupe résultant F_c pour une dent



a_p : profondeur de passe
 hm : épaisseur copeau moyen
 l : longueur du copeau
 K_r : angle de direction d'arête

La section du copeau est : $S = hm.l = \left(\frac{a_r \cdot f_z \cdot \sin K_r}{R \cdot \varphi} \right) \cdot \left(\frac{a_p}{\sin K_r} \right) \Leftrightarrow$

$$S = \frac{a_r \cdot a_p \cdot f_z}{R \cdot \varphi}$$

L'effort de coupe F_c pour une dent est donc : $F_c = K_c \cdot S$

La pression spécifique de coupe K_c sera déterminée à partir du tableau donné sur le document, et en appliquant les facteurs correctifs dus à l'épaisseur hm du copeau et à l'angle de coupe γ .

Or, il y a plusieurs dents en prise. On notera n_d le nombre de dents en prise dans la matière :

$$n_d = 1 + \text{partie entière} \left(\frac{Z \cdot \varphi}{2\pi} \right)$$

Z : nombre de dents de la fraise
 φ : angle parcouru par une dent dans la matière

L'effort total de coupe est donc : $F_c = K_c \cdot S \cdot n_d$

$$F_c = K_c \cdot \left(\frac{a_r \cdot a_p \cdot f_z}{R \cdot \varphi} \right) \cdot \left(1 + \text{partie entière} \left(\frac{Z \cdot \varphi}{2\pi} \right) \right)$$

2- Puissance consommée pour une opération de fraisage

La puissance consommée pour une opération de fraisage est estimée par la relation suivante :

$$P_c = F_c \cdot V_c$$

P_c : puissance consommée par la coupe en W ;
 F_c : effort de coupe en N ;
 V_c : vitesse de coupe en m/s.

DOCUMENT 6 : DETERMINATION DE LA PRESSION SPECIFIQUE DE COUPE

La pression spécifique de coupe K_c est fonction de la matière usinée, de sa résistance à la traction R_m et de l'épaisseur du copeau hm (donc de l'avance f et de l'angle K_r de direction de l'arête de coupe).

Les fournisseurs d'outils de coupe donnent un tableau des valeurs de K_{co} pour $hm = 0,2 \text{ mm}$ et pour un outil avec un angle de coupe $\gamma = 0^\circ$ (données SANDVIK COROMANT et HERTEL) :

MATIERES		$K_{co} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Aciers ordinaires	S185 S275	2600
	S 355	2900
	E 335	3000
	E 360	3150
Aciers fins (non alliés)	C35 C40	2300
	C45 C55	2600
	C60	2850
Aciers alliés	16 Mn Cr 5	3400
	10 Ni Cr 6	3600
	35 Cr Mo 4	3800
	Acier inoxydable	3750
Fontes	EN-GJL 150	1360
	EN-GJL 200, EN-GJL 250	2100
	Fonte alliée	2300
	EN-GJMW, EN-GJMB, EN-GJS	1750
Alliages de Cuivre	Laiton Cu Zn 15	1150
	Bronze Cu Sn 8 P	2450
Alliages d'Aluminium	EN AC-AISi13	1000
	Alliage de moulage ($R_r \leq 190 \text{ N/mm}^2$)	850
	Alliage de moulage ($190 < R_r < 270 \text{ N/mm}^2$)	1000
	Alliage de moulage ($270 < R_r < 370 \text{ N/mm}^2$)	1220

Pour une épaisseur de copeau hm différente, il faut donc appliquer un facteur de correction k_1 :

$hm \text{ (mm)}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00
k_1	1,50	1,23	1,10	1,00	0,94	0,89	0,85	0,81	0,79	0,76	0,72	0,69	0,66	0,6

De même, suivant la valeur de l'angle de coupe γ , il faut appliquer la correction k_2 suivante :

$$k_2 = (1 - 0,013 \cdot \gamma)$$

d'où

$$K_c = K_{co} \cdot k_1 \cdot k_2$$

DOCUMENT 7

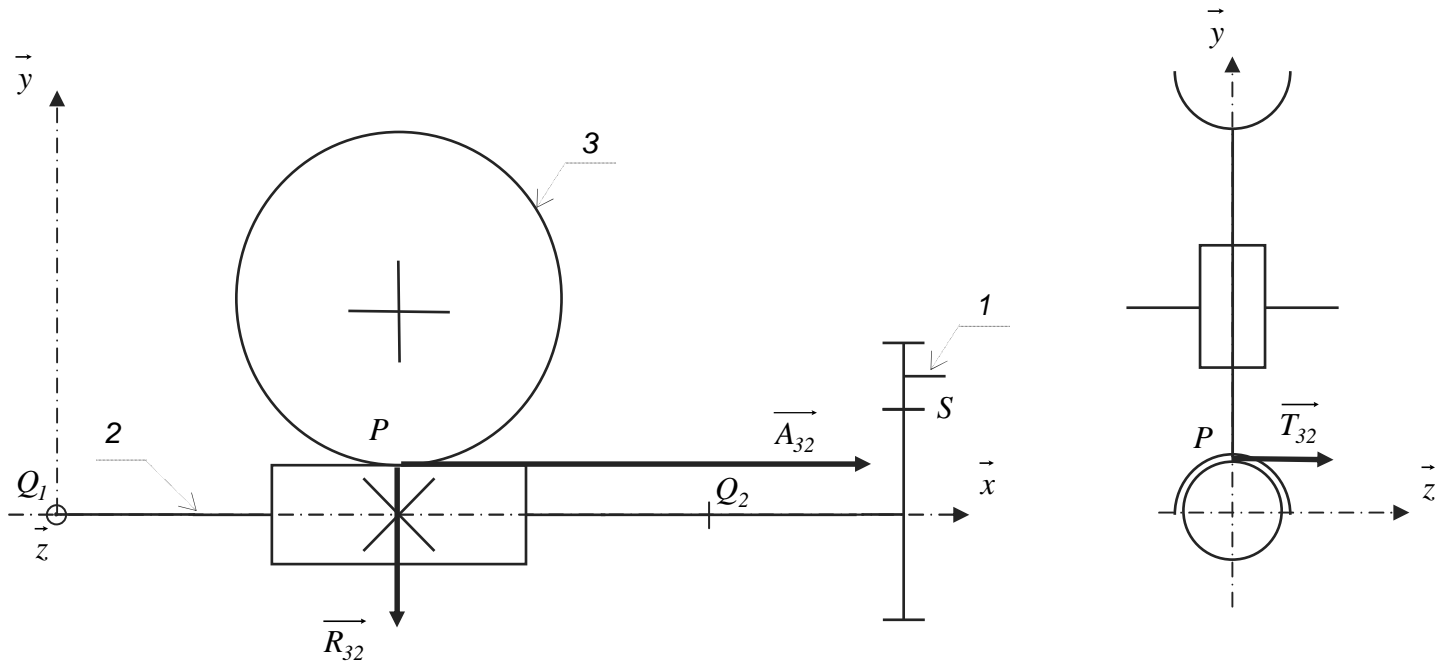


Figure 16 – Efforts \vec{A}_{32} , \vec{R}_{32} et \vec{T}_{32}

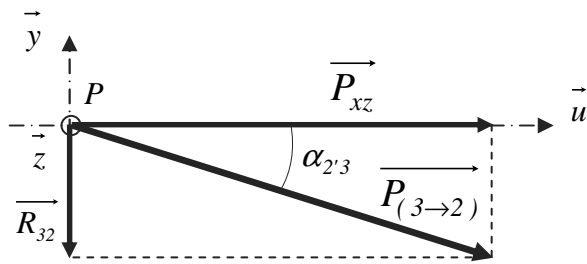


Figure 17 – Projections de $\vec{P}_{(3 \rightarrow 2)}$ dans (P, \vec{u}, \vec{y})

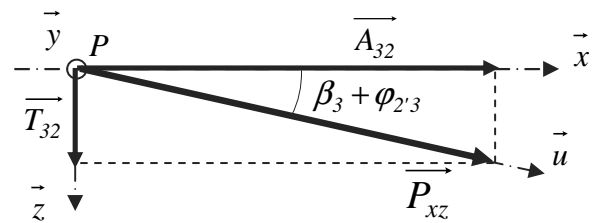


Figure 18 – Projections de \vec{P}_{xz} dans (P, \vec{x}, \vec{z})

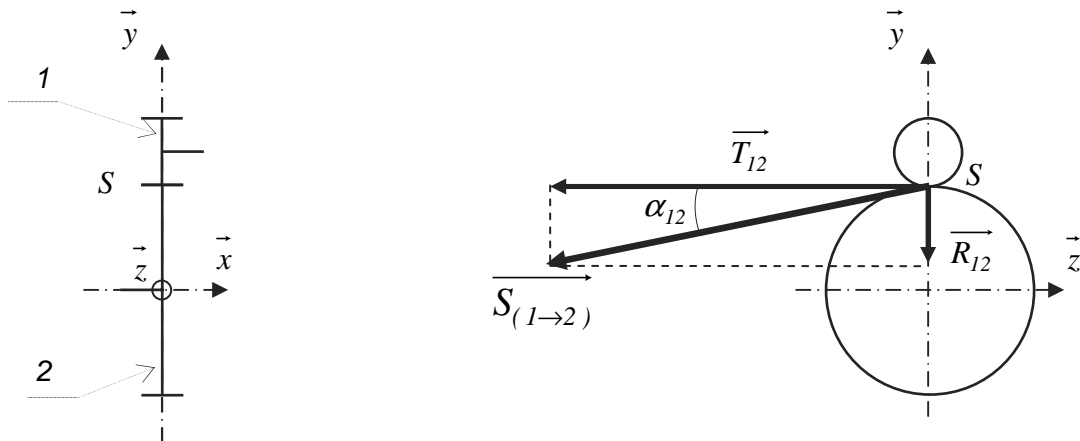


Figure 19 – Efforts \vec{R}_{12} et \vec{T}_{12} et action $\vec{S}_{(1 \rightarrow 2)}$

DOCUMENT 8

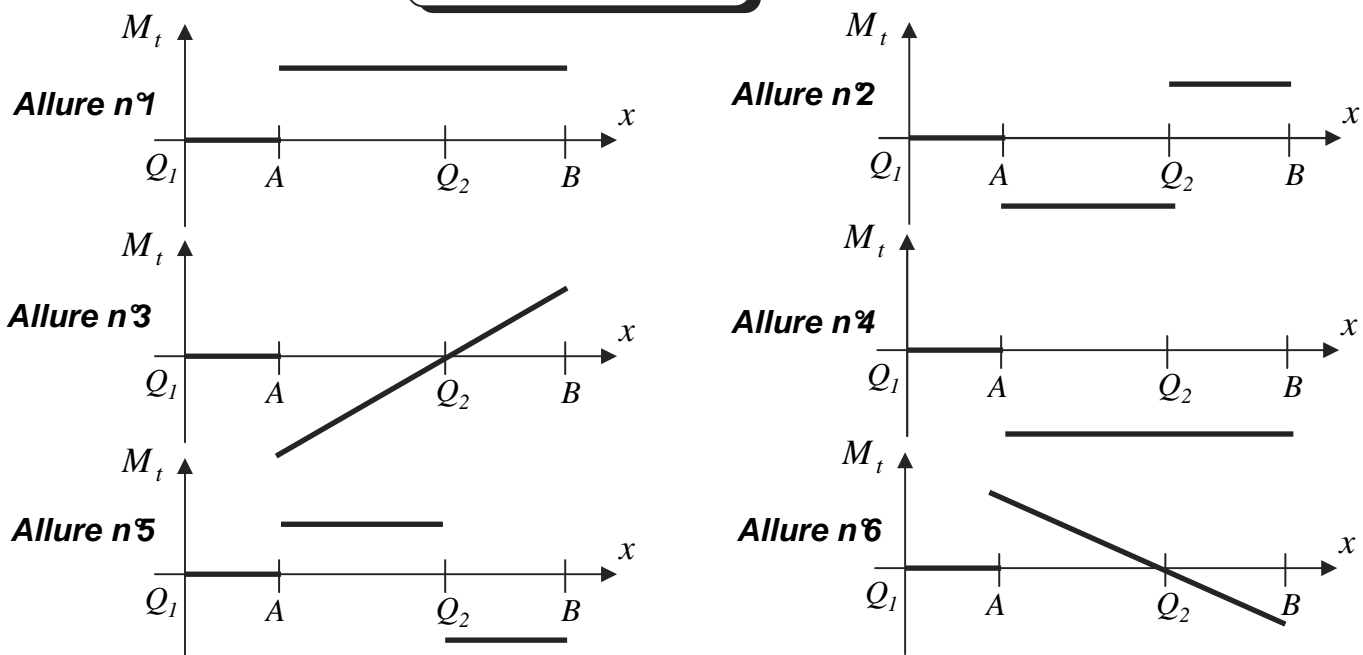


Figure 20 – Allures du diagramme du moment de torsion $M_t(x)$

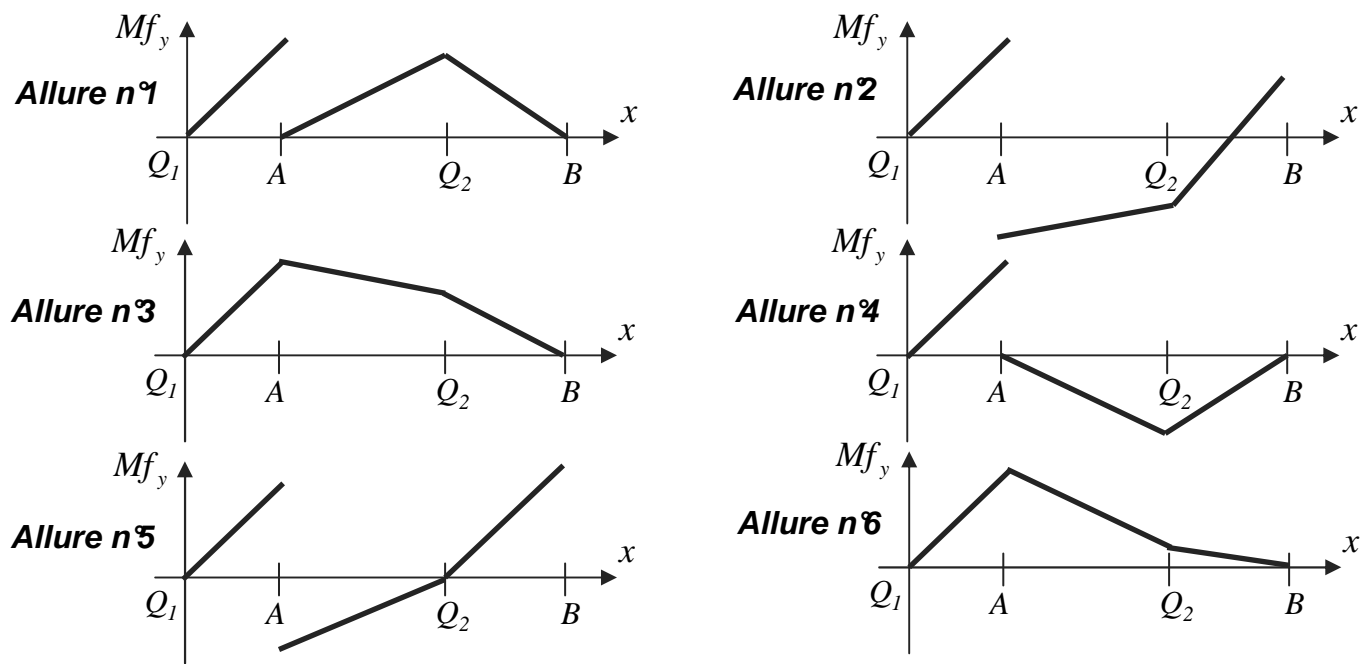


Figure 21 – Allures du diagramme du moment de flexion $M_{f_y}(x)$

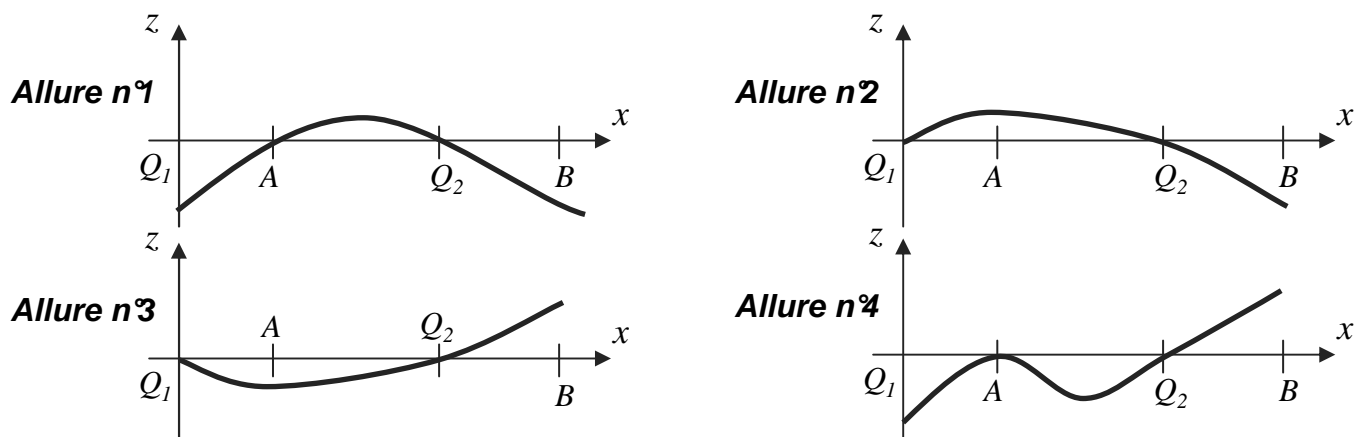


Figure 22 – Allures de déformées $z(x)$

DOCUMENT 9

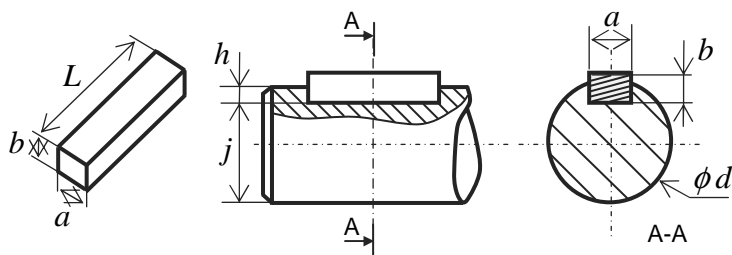


Figure 23 – Clavettes parallèles forme B

d (mm)	a (mm)	b (mm)	j (mm)
12 à 17 inclus	5	5	$d - 3$
17 à 22 inclus	6	6	$d - 3,5$
22 à 30 inclus	8	7	$d - 4$
30 à 38 inclus	10	8	$d - 5$
38 à 44 inclus	12	8	$d - 5$
44 à 50 inclus	14	9	$d - 5,5$

Tableau 2 – Caractéristiques des clavettes parallèles

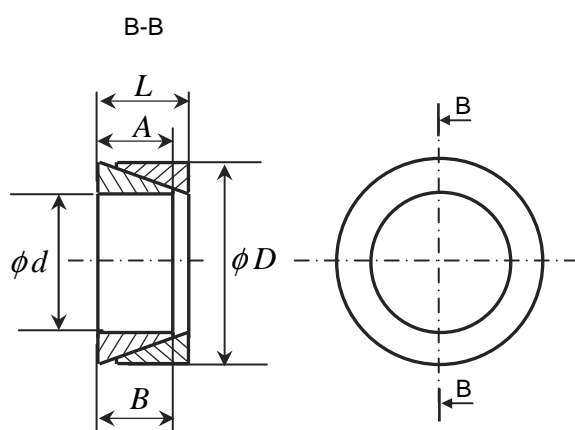


Figure 24 – POWERLOCK Série PL

Référence	ϕd (mm)	ϕD (mm)	L (mm)	A (mm)	B (mm)	Couple transmissible (Nm)
PL015x019E	15	19	6,3	5,3	5,3	22,1
PL016x020E	16	20	6,3	5,3	5,3	25,1
PL017x021E	17	21	6,3	5,3	5,3	28,3
PL018x022E	18	22	6,3	5,3	5,3	31,8
PL019x024E	19	24	6,3	5,3	5,3	35,3
PL020x025E	20	25	6,3	5,3	5,3	39,2
PL022x026E	22	26	6,3	5,3	5,3	47
PL024x028E	24	28	6,3	5,3	5,3	56,8
PL025x030E	25	30	6,3	5,3	5,3	60,8
PL028x032E	28	32	6,3	5,3	5,3	76,4
PL030x035E	30	35	6,3	5,3	5,3	88,2
PL032x036E	32	36	6,3	5,3	5,3	100
PL035x040E	35	40	7	6	6	136
PL036x042E	36	42	7	6	6	144
PL038x044E	38	44	7	6	6	160
PL040x045E	40	45	7	6	6	195

Tableau 3 – Caractéristiques des POWERLOCK Série PL

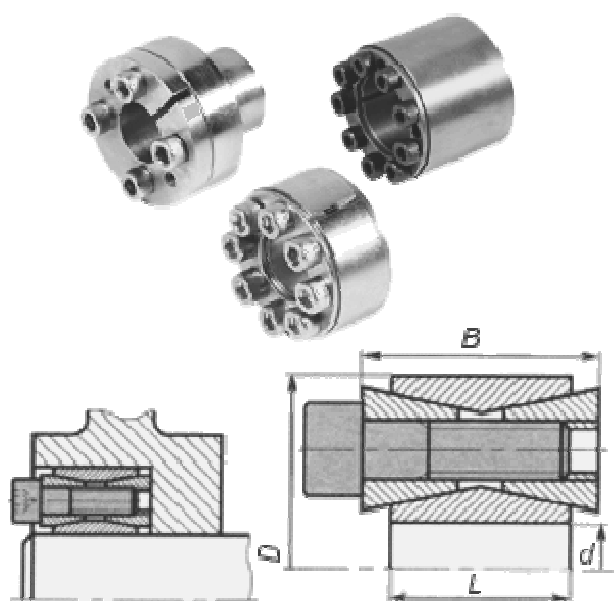
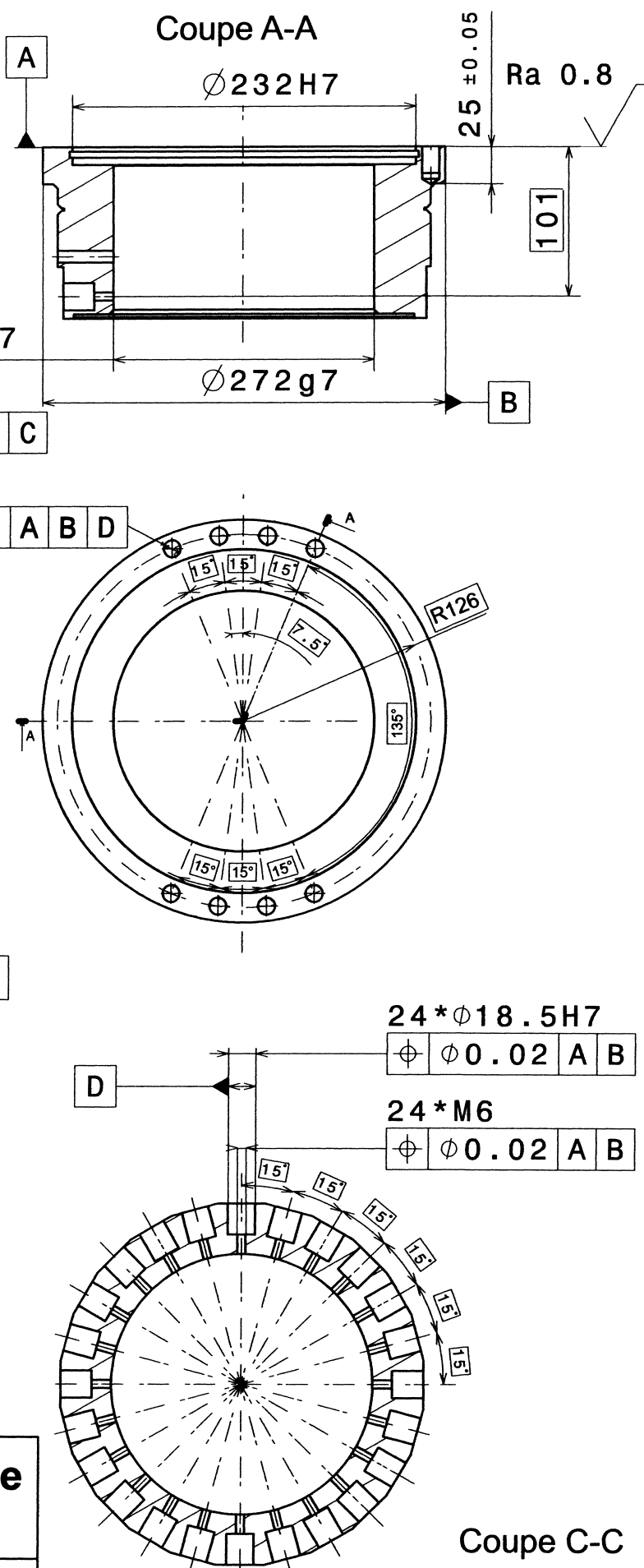


Figure 25 – POWERLOCK Série RTT

Référence	ϕd (mm)	ϕD (mm)	L (mm)	B (mm)	Vis M	Couple transmissible (Nm)
RTT-20-47	20	47	20	28	8xM6x18	270
RTT-22-47	22	47	20	28	8xM6x18	300
RTT-24-50	24	50	20	28	9xM6x18	360
RTT-25-50	25	50	20	28	9xM6x18	380
RTT-28-55	28	55	20	28	10xM6x18	500
RTT-30-55	30	55	20	28	10xM6x18	530
RTT-32-60	32	60	20	28	12xM6x18	630
RTT-35-60	35	60	20	28	12xM6x18	700
RTT-38-65	38	65	20	28	14xM6x18	860
RTT-40-65	40	65	20	28	14xM6x18	910
RTT-42-75	42	75	24	34	12xM8x22	1500
RTT-45-75	45	75	24	34	12xM8x22	1610
RTT-48-80	48	80	24	34	12xM8x22	1700
RTT-50-80	50	80	24	34	12xM8x22	1770

Tableau 4 – Caractéristiques des POWERLOCK Série RTT



D11/17 : Cotation Partielle du Touret

MATERIAU : 35 Ni Cr Mo 16

ECHELLE 1:4

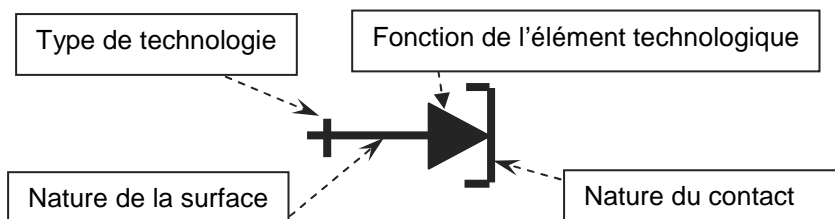
TAILLE A4

DOCUMENT 12 : DEUXIEME PARTIE DE LA NORME NFE 04-013

La deuxième partie de la norme NFE 04-013 définit les symboles représentant sur la partie graphique des contrats de phase, les éléments d'appui et de maintien des pièces pendant les opérations d'usinage, de contrôle ou de manutention.

Chaque symbole est construit à l'aide d'un certain nombre de symboles élémentaires additifs dont le rôle est de préciser : la fonction de l'élément technologique, la nature du contact avec la surface, la nature de la surface de la pièce, le type de technologie de l'élément.

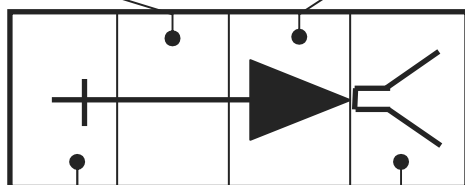
Exemple :



Détail des symboles élémentaires :

Nature de la surface de contact	Symbole
Surface usinée	
Surface brute	

Fonctions des éléments technologiques	Symbole	Vue en projection Forme des touches
Mise en position		
		centreur complet dégagé
Maintien en position		



Type de technologie des éléments	Symbole
Appui fixe	
Centrage fixe	
Système à serrage	
Système à serrage concentrique	
Système de soutien irréversible	
Système de soutien réversible	

Nature du contact	Symbole
Contact ponctuel	
Contact surfacique	
Contact strié	
Contact dégagé	
Cuvette	
Pointe fixe	
Pointe tournante	
Palonnier	
Vé	

1- Effort de coupe en tournage

L'effort de coupe en tournage peut être estimé selon la formule :

$$F_c = K_c \cdot f \cdot a_p$$

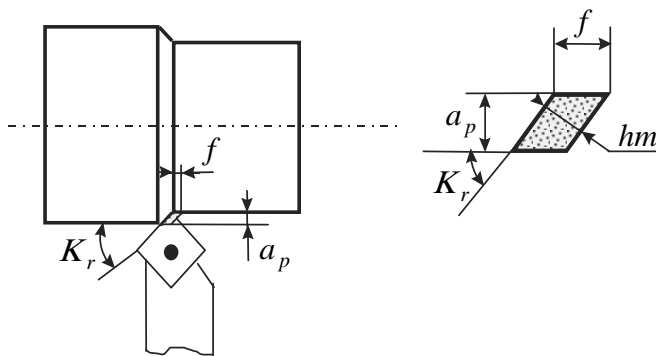
F_c : effort de coupe en N ;

K_c : pression spécifique de coupe en $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$;

f : avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$;

a_p : profondeur de passe radiale en mm.

La pression spécifique de coupe K_c sera déterminée à partir du **document 6, page D7/16**, et en appliquant les facteurs correctifs dus à l'épaisseur hm du copeau et à l'angle de coupe γ . La valeur de hm est obtenue de la façon suivante :



$$hm = f \cdot \sin K_r$$

2- Puissance consommée pour une opération de tournage

La puissance consommée pour une opération de tournage est estimée par la relation suivante :

$$P_c = F_c \cdot V_c$$

P_c : puissance consommée par la coupe en W ;

F_c : effort de coupe en N ;

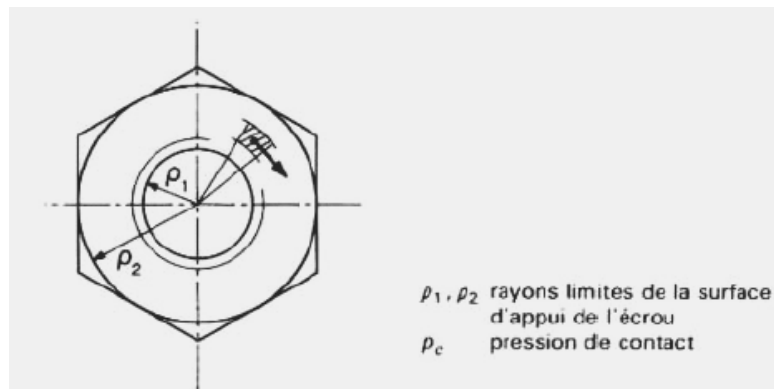
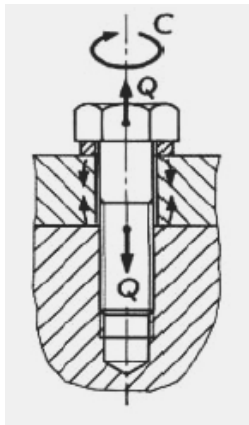
V_c : vitesse de coupe en m/s.

DOCUMENT 14 : Assemblages par éléments filetés

Le document 14 est un formulaire simplifiant le calcul de l'effort normal Q transmissible par une vis soumise à un couple de serrage C :

$$Q = \frac{C}{0,16 \cdot p + (\rho_m + 0,583 \cdot D_2) \cdot f_a}$$

Q et C sont définis conformément aux figures suivantes :



p est le pas du filetage.

f_a est le coefficient de frottement vis/écrou et vaut 0,15.

ρ_m est donnée par $\frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$. Pour une vis M12, nous considérerons que ρ_2 vaut 9mm.

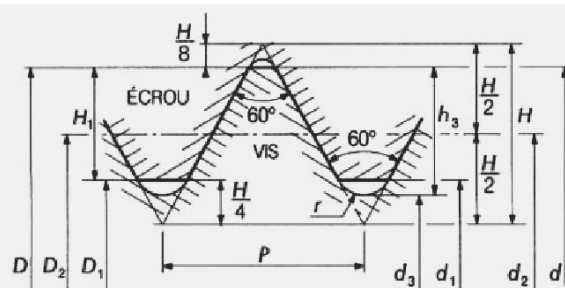
ρ_2 (le candidat est libre de faire des hypothèses sur cette valeur) et D_2 sont donnés par le tableau ci-dessous :

Diamètre nominal (2) $d = D$ (mm)	Pas P (mm)	Valeurs calculées correspondantes				
		Diamètre surflancs D_2 (mm)	Diamètre du noyau de la vis d_3 (mm)	Diamètre intérieur de l'écrou D_1 (mm)	Rayon à fond de filet (3) r (mm)	Section résistante $\frac{\pi}{4} \left(\frac{D_2 + d_3}{2} \right)^2$ (mm ²)
8	1	7,350	6,773	6,918	0,144	39,2
10	1,25	9,188	8,466	8,647	0,180	61,2
12	1,25	11,188	10,466	10,647	0,180	92,1
14	1,5	13,026	12,160	12,376	0,216	125
16	1,5	15,026	14,160	14,376	0,216	167
18	1,5	17,026	16,160	16,376	0,216	216
20	1,5	19,026	18,160	18,376	0,216	272
22	1,5	21,026	20,160	20,376	0,216	333
24	2	22,701	21,546	21,835	0,289	384
27	2	25,701	24,546	24,835	0,289	496
30	2	28,701	27,546	27,835	0,289	621
33	2	31,701	30,546	30,835	0,289	761
36	3	34,051	32,319	32,752	0,433	865
39	3	37,051	35,319	35,752	0,433	1 028

(1) **Désignation** : par exemple, M8 x 1 (diamètre nominal $d = 8$ mm et $P = 1$ mm)

(2) **Employer de préférence les diamètres en caractères gras.**

(3) r = valeur calculée du rayon de l'outil neuf à profil circulaire (donnée seulement à titre indicatif).



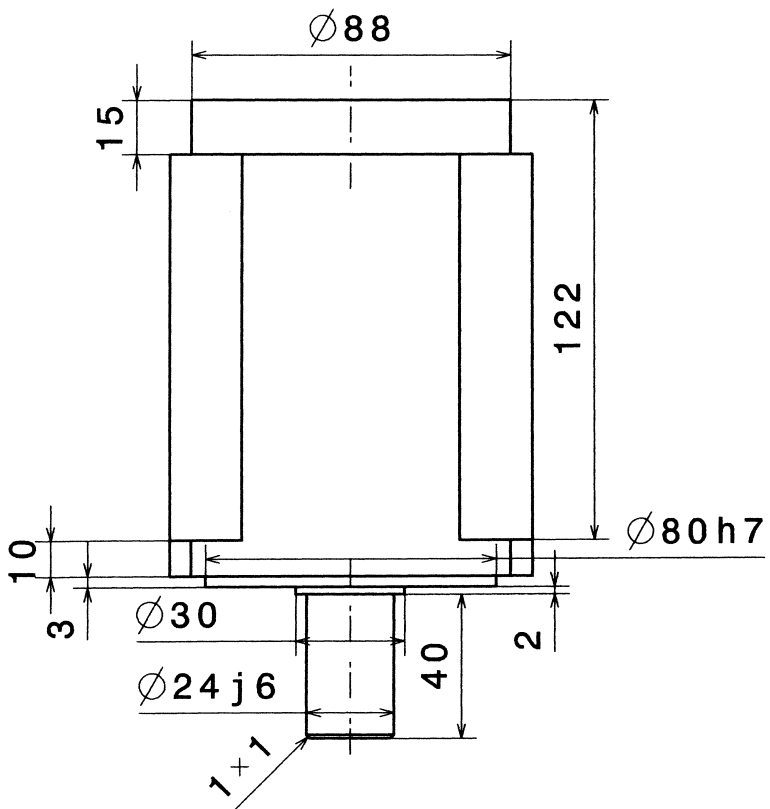
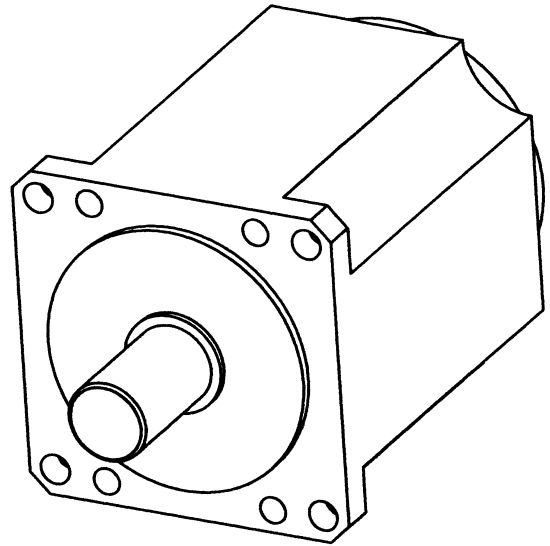
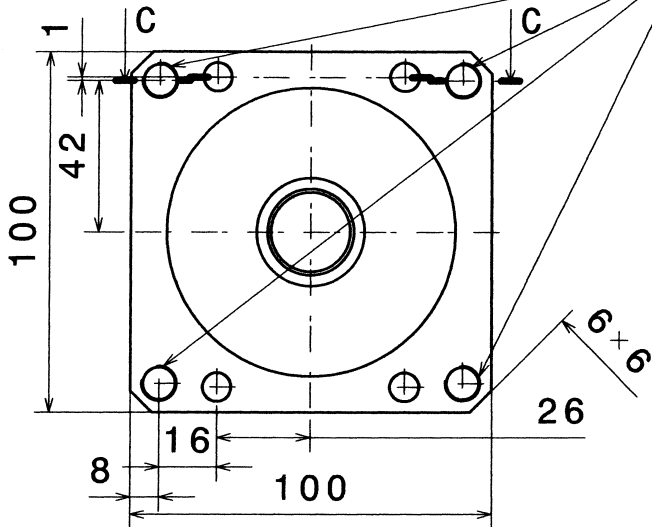
$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

P pas
 d diamètre nominal

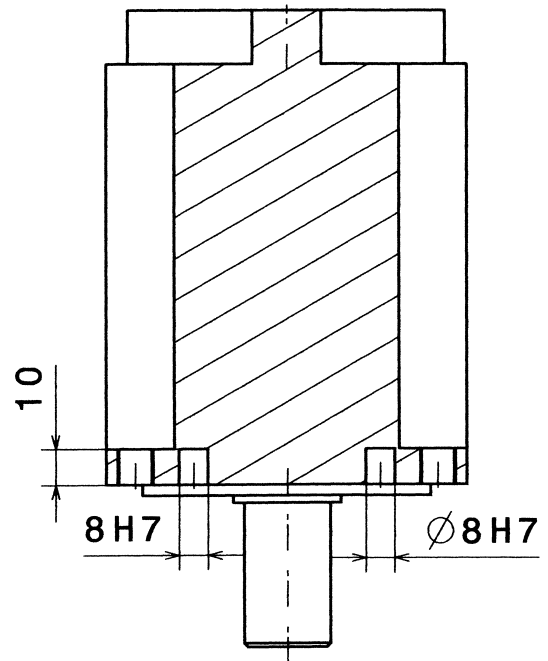
$$\begin{aligned} D_1 &= d_1 = d - 1,0825 P \\ D_2 &= d_2 = d - 0,6495 P \\ d_3 &= d - 1,2268 P \\ r &= 0,1443 P \end{aligned}$$

Paramètre	Désignation	Valeur numérique
P_{nom}	Puissance nominale du moteur	1,5 kW
N_{nom}	Vitesse nominale du moteur	3000 tr.min ⁻¹
C_{nom}	Couple nominal du moteur	4,78 Nm
N_{max}	Vitesse maximale du moteur	4500 tr.min ⁻¹
C_{max}	Couple maximal du moteur	11,9 Nm
J_m	Moment d'inertie du moteur	1,9.10 ⁻⁴ kg.m ²
J_{charge}	Moment d'inertie de la charge	
Ri	Rapport d'inertie	
$\left(\frac{d\omega_m}{dt}\right)_{max}$	Accélération maximale à vide du moteur	62000 rad.s ⁻²
Z_1	Nombre de dents du pignon P_1	26 dents
Z_2	Nombre de dents du pignon P_2	78 dents
m_{12}	Module des pignons P_1 et P_2	2 mm
d_1	Diamètre primitif du pignon P_1	
d_2	Diamètre primitif du pignon P_2	
α_{12}	Angle de pression des pignons P_1 et P_2	20 °
k_{12}	Rapport de transmission des pignons P_1 et P_2	
η_{12}	Rendement du réducteur $P_1 - P_2$	100 %
$Z_{2'}$	Nombre de filets de la vis sans fin	2 filets
Z_3	Nombre de dents de la roue	48 dents
$m_{2'3}$	Module pour la vis et pour la roue	5,5 mm
d_3	Diamètre primitif de la roue	
$d_{2'}$	Diamètre primitif de la vis sans fin	
$k_{2'3}$	Rapport de transmission du système roue et vis sans fin	
$a_{2'3}$	Entraxe du système roue et vis sans fin	
$\varphi_{2'3}$	Angle de frottement pour la vis sans fin et la roue	6 °
$\alpha_{2'3}$	Angle de pression pour la vis sans fin et la roue	20 °
β_3	Angle d'inclinaison de l'hélice de la roue	10,27 °
$\beta_{2'}$	Angle d'inclinaison de l'hélice de la vis sans fin	
$\eta_{2'3}$	Rendement du système roue et vis sans fin	
H	Distance entre le point générateur de l'outil et l'axe de l'arbre 3	400 mm
J_B	Inertie de la broche de fraisage	4,5 kg.m ²
L_{10}	Durée de vie des roulements SNR 32208	35000 h
L	Longueur Q_1B	323 mm
L_1	Longueur Q_1A	84 mm
L_2	Longueur Q_1Q_2	131 mm
L_3	Longueur Q_2B	108 mm
N_2	Vitesse nominale de l'arbre intermédiaire 2	
G	Module de Coulomb du matériau pour l'arbre intermédiaire 2	80000 MPa

4 Taraudages M10*10



Coupe C-C



D17/17 : SILHOUETTE SIMPLIFIEE DU MOTEUR		<i>D17/17</i>
ECHELLE 1:2	TAILLE A4	

