

Consignes

La durée de l'épreuve est de 3 heures. Le poids des parties est donné à titre indicatif. Il est conseillé de lire intégralement l'énoncé et les annexes, puis de traiter le sujet dans l'ordre des questions. Chaque partie est toutefois indépendante.

Sont autorisés : le polycopié, les impressions des présentations et les notes personnelles de cours et TD, calculatrice.

Toute réponse se doit d'être justifiée et concise.

Le sujet est composé d'un document de 11 pages A4 et de 1 page A3 regroupant l'énoncé et les annexes, et d'un document réponse de 8 pages A4. Le **document réponse ne doit pas être dégrafé.**

Toutes les réponses sont à faire sur le document réponse uniquement.



Figure 1 : Système Postural Dynamic System avec patient

1. Présentation

De nombreuses machines sont destinées à aider les kinésithérapeutes à pratiquer des soins. Le *Postural Dynamic System* est une de ces machines, elle permet de combattre le mal de dos.

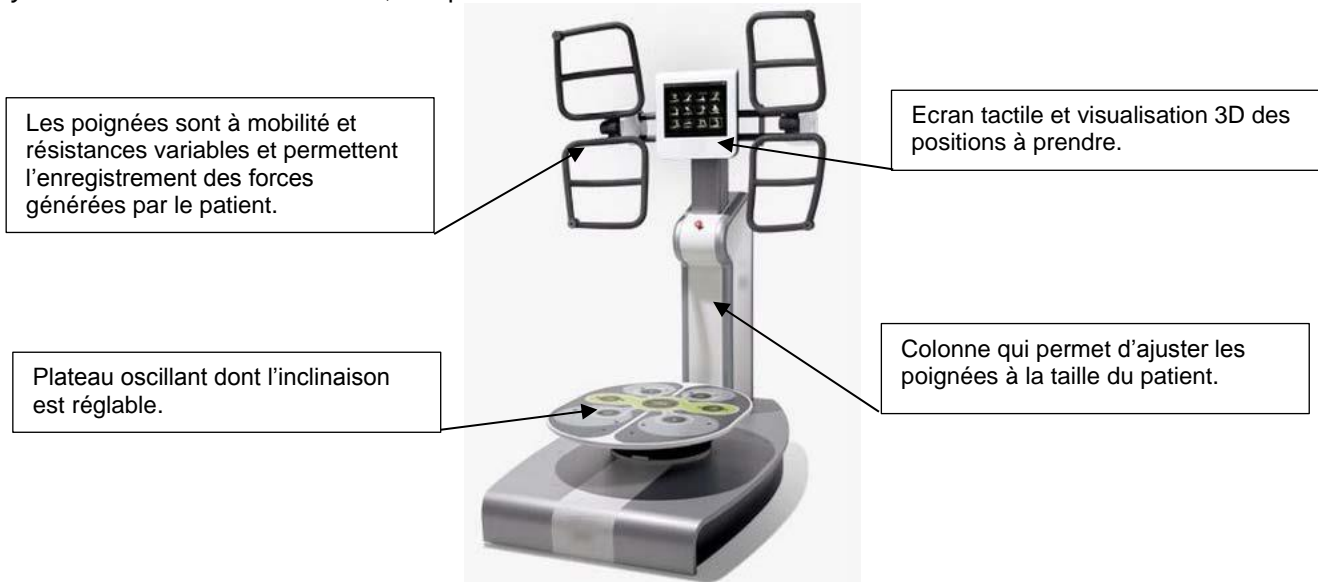


Figure 2 : Système Postural Dynamic System seul

La machine est conçue afin que les utilisateurs puissent être autonomes. Cette machine est aussi vendue à des particuliers aisés qui vont trouver des programmes complets de remise en forme. Des programmes spécifiques existent pour certains sports et seront dans ce cas utilisés en compléments par les coachs sportifs.

L'objet de l'étude est le système mécanique permettant les différents mouvements du plateau.

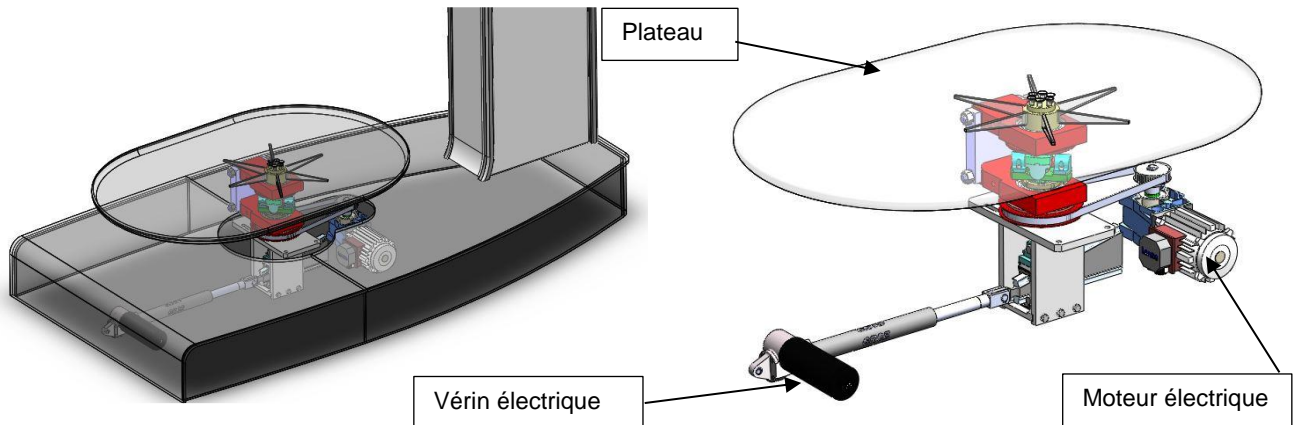


Figure 3 : Plateau avec son système d'orientation avec carter bas et sans carter bas

Le système comprend deux actionneurs : un motoréducteur électrique et un vérin électrique, visibles sur la figure 3. Les liaisons entre le bloc motoréducteur et la structure ainsi qu'entre le corps du vérin et la structure ne sont pas représentés sur cette figure.

Des vues de détail et des mises en plan de ce système sont proposées en annexe, ainsi que des ressources spécifiques pour les études demandées.

On distingue 11 classes d'équivalences, données ci-dessous avec leurs pièces principales.

- 0 - Bâti : 1, 2, 3 (x2), 4, 81'
- 1 - Corps vérin : non repéré dans la nomenclature
- 2 - Tige de vérin : non repéré dans la nomenclature
- 3 - Cale inclinée : 11, 91 (x2)
- 4 - Arbre vertical : 21, 22, 81, 25, 31 (x2)
- 5 - Croisillon : 32
- 6 - Arbre moteur : non repéré dans la nomenclature
- 7 - Entraîneur inférieur : 41b, 42, 43
- 8 - Entraîneur supérieur : 41h
- 9 - Support en H : 51, 52 (x2)
- 10 - Plateau oscillant : 35, 36, 25', 31' (x2)

N.B. : les primes (') indiquent une pièce présente deux fois mais dans des classes d'équivalences différentes.

2. Technologie (10%)

- a. Donner la liaison équivalente entre la classe d'équivalence **4** et la classe d'équivalence **10**, assurée par le croisillon.
- b. Les pièces (1) et (2) sont assemblées par soudage. Le cordon de soudure permet le maintien en position de l'assemblage. Préciser la nature des surfaces utilisées pour la mise en position.
- c. Justifier ce choix de mise en position entre les pièces (1) et (2).
- d. Quel modèle de liaison réalise **un seul** roulement (82) ?
- e. Quel est l'intérêt de ce choix ?
- f. Préciser l'intérêt de la pièce (83).

3. Cinématique (15%)

La courroie est une pièce déformable montée avec une tension de précharge. Elle ne sera pas comptabilisée comme une classe d'équivalence. La liaison retenue entre l'arbre moteur et l'entraîneur inférieur est une ponctuelle.

- Préciser la succession de mouvements générés par la translation du vérin électrique.
- Préciser la succession de mouvements générés par la rotation de l'arbre du moteur électrique.
- Compléter le graphe des liaisons de l'ensemble **en justifiant** le modèle retenu pour chacune des liaisons. Le niveau demandé est celui de l'étude architecturale. Les liaisons données dans l'énoncé ne sont pas à justifier.
- Déterminer le degré d'hyperstatisme en précisant et en justifiant les mobilités utiles et internes.

4. Tolérancement (15%)

Le dessin de définition du support (31) est donné en annexe 5.

- Justifier le choix des références A, B et C.
- Décoder l'étiquette en utilisant la méthodologie GPS, faire des croquis et des phrases explicatives.
- Donner la zone de tolérance chiffrée de la cote bidimensionnelle 8g7.

5. Etude statique du plateau (35) (15%)

On cherche à déterminer les efforts sur le roulement (82) monté dans l'entraîneur supérieur (41h), ci-après désigné roulement (82) haut. On se place dans un cas de pré-dimensionnement où seul le chargement statique sera pris en compte, le moteur électrique ne fournit pas de couple.

La masse des pièces sera négligée et seule la masse d'un utilisateur sera prise en compte ($M_u=150$ kg).

La base B ($\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$) est associée au bâti, la base B_{35} ($\vec{x}_{35}, \vec{y}_{35}, \vec{z}_{35}$) est associée au plateau oscillant (35). Le plateau oscillant est en position inclinée autour de l'axe \vec{x} d'un angle $\beta = -10^\circ$.

L'utilisateur est réduit à son centre de gravité G positionné tel que $\vec{OG} = 800 \vec{y} + 1000 \vec{z}$.

Le roulement (82) étudié a pour centre de poussée le point A tel que $\vec{OA} = 75 \vec{z}_{35}$.

Les valeurs sont données en mm.

Indépendamment des modèles de liaisons retenues à la partie 3 et afin de rendre le problème isostatique, le roulement (82) haut sera modélisé par une liaison linéaire annulaire de centre A et d'axe \vec{z}_{35} ; et le croisillon par une rotule à doigt de centre O et d'axe \vec{z} . Le problème peut être considéré comme plan.

- On isole l'ensemble [classe d'équivalence 10 plus l'utilisateur]. Sachant qu'on cherche à déterminer les efforts dans le roulement (82) haut, réaliser un croquis en 2D du problème et faire le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à ce dernier.
- Déterminer les efforts appliqués sur le roulement (82) haut.

6. Validation du roulement haut (82) (20%)

La durée de vie du roulement haut (82) souhaitée est de 70 millions de tours pour une fiabilité de 80 %.

Quel que soit le résultat trouvé à la question 5-b on prendra comme torseur de statique de (41h) sur (36) le

$$\text{torseur ci-contre : } T_{41h \rightarrow 36} = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ -15700 \text{ N} & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{A, B_{35}}$$

- Préciser et réaliser les validations à faire pour ce roulement. Le roulement est-il bien choisi ?

On décide de remplacer le roulement haut (82) par un montage de deux roulements à billes à contact oblique identiques et ce afin de réaliser une liaison pivot.

- Préciser les avantages et inconvénients d'un tel choix.
- Dessiner le montage en **justifiant** vos choix.

7. Etude du croisillon (32) (15%)

On se propose d'étudier la tenue du croisillon (32). Pour cela on considère que le croisillon peut être modélisé par deux axes de diamètre 12 mm perpendiculaires et coplanaires (cf figure 4). On étudiera la tenue d'un des 2 axes. L'étude se fera en position du plateau horizontale $\beta = 0^\circ$. On considérera que chaque palier lisse (92) ne transmet qu'un glisseur de norme 400 N tel que schématisé sur la figure 5. La longueur de l'axe est de 90mm. Le point d'application des glisseurs est situé à 10 mm de chaque extrémité.

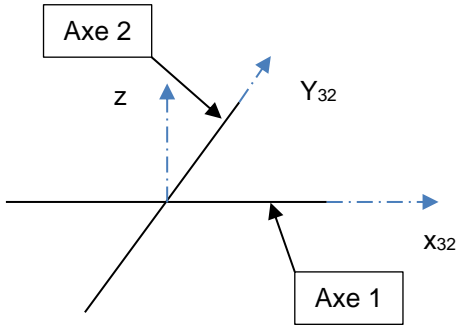


Figure 4 : croisillon (32) simplifié

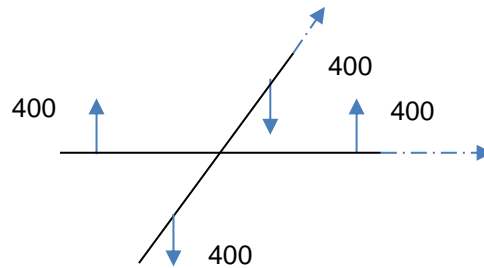


Figure 5 : croisillon simplifié avec chargement

- Tracer à partir des figures 4 et 5 le modèle poutre de l'axe étudié, ici l'axe 1, on précisera les dimensions de l'axe 1 sur le dit schéma.
- Déterminer le nombre de tronçons à étudier.
- Déterminer le torseur de cohésion pour le tronçon le plus sollicité. On indiquera clairement le paramétrage et la convention choisis.
- Situer la section la plus sollicitée et donner la valeur maximale du torseur de cohésion pour cette dernière.

Quel que soit le résultat à la question précédente on prendra comme torseur de cohésion max ci-contre :

$$T_{coh D/G} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 14Nm \\ -400 N & 0 \end{Bmatrix}_{O, l_1, l_2, l_3}$$

- Donner les expressions des contraintes élémentaires σ_{11} , σ_{12} , σ_{13} . On précisera les valeurs numériques de S , l_{11} , l_{22} et l_{33} .
- Donner la contrainte équivalente de Von Misès σ_{VM} maximale, on précisera les coordonnées du point dans la section où se trouve cette contrainte maximale.
- L'axe 1 du croisillon (32) est-il validé ?

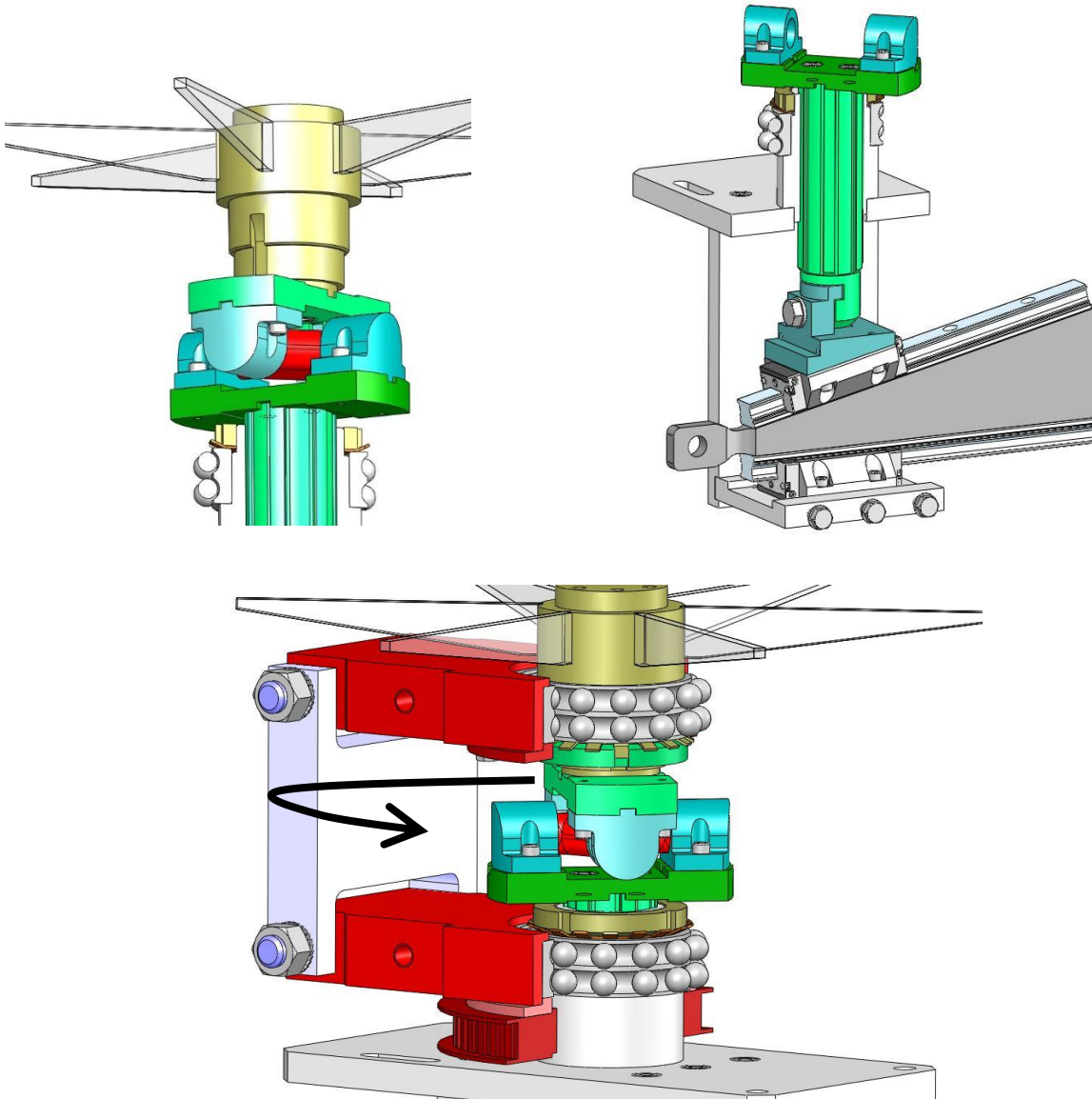
8. Palier lisse (92) (10%)

Les caractéristiques des paliers (92) sont données en annexes.

- En prenant en compte le fonctionnement du système Postural Dynamic System, préciser les validations à réaliser pour vérifier le bon dimensionnement des paliers.
- Effectuer les calculs et conclure.

9. ANNEXES

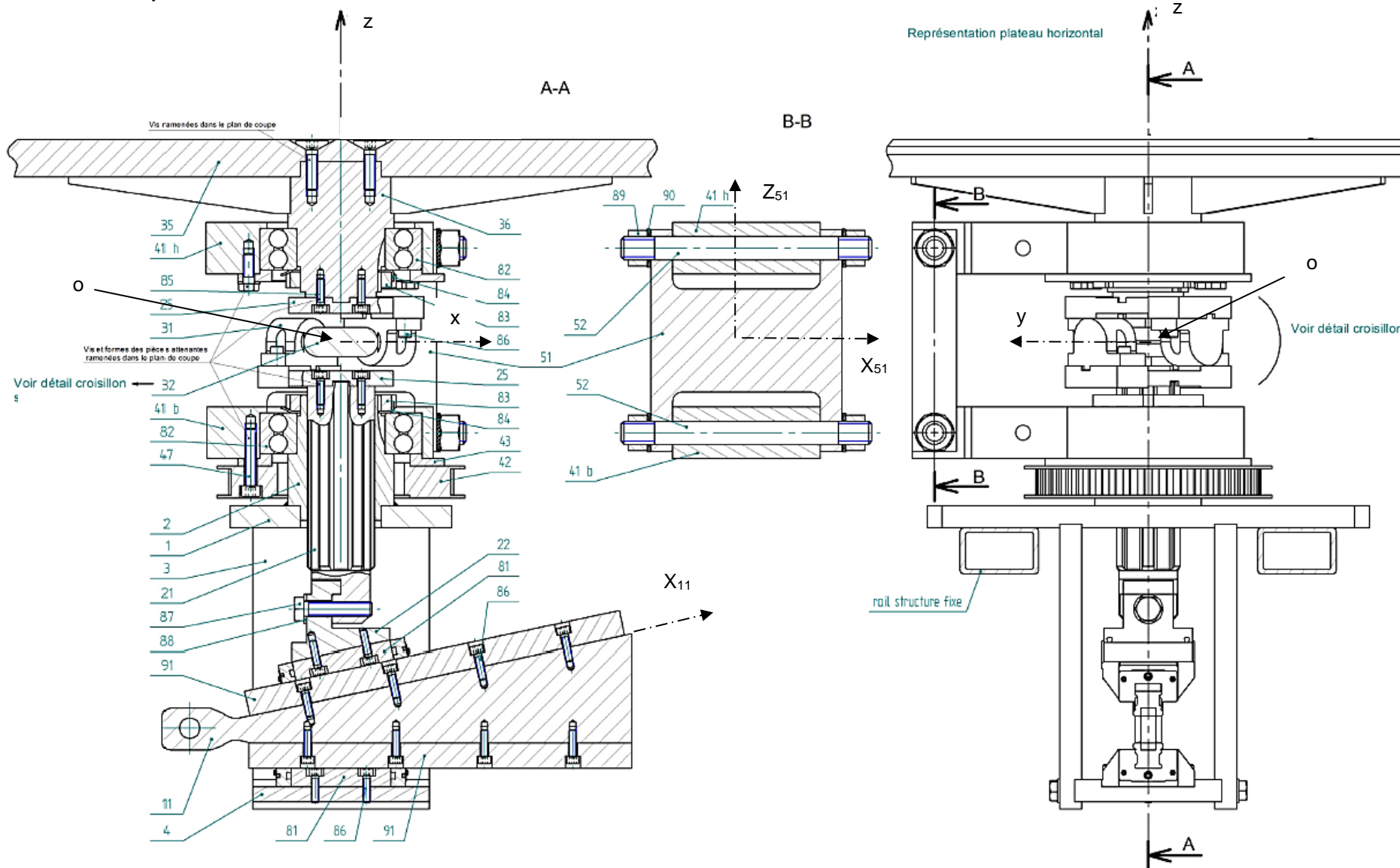
Annexe 1 : vues 3D



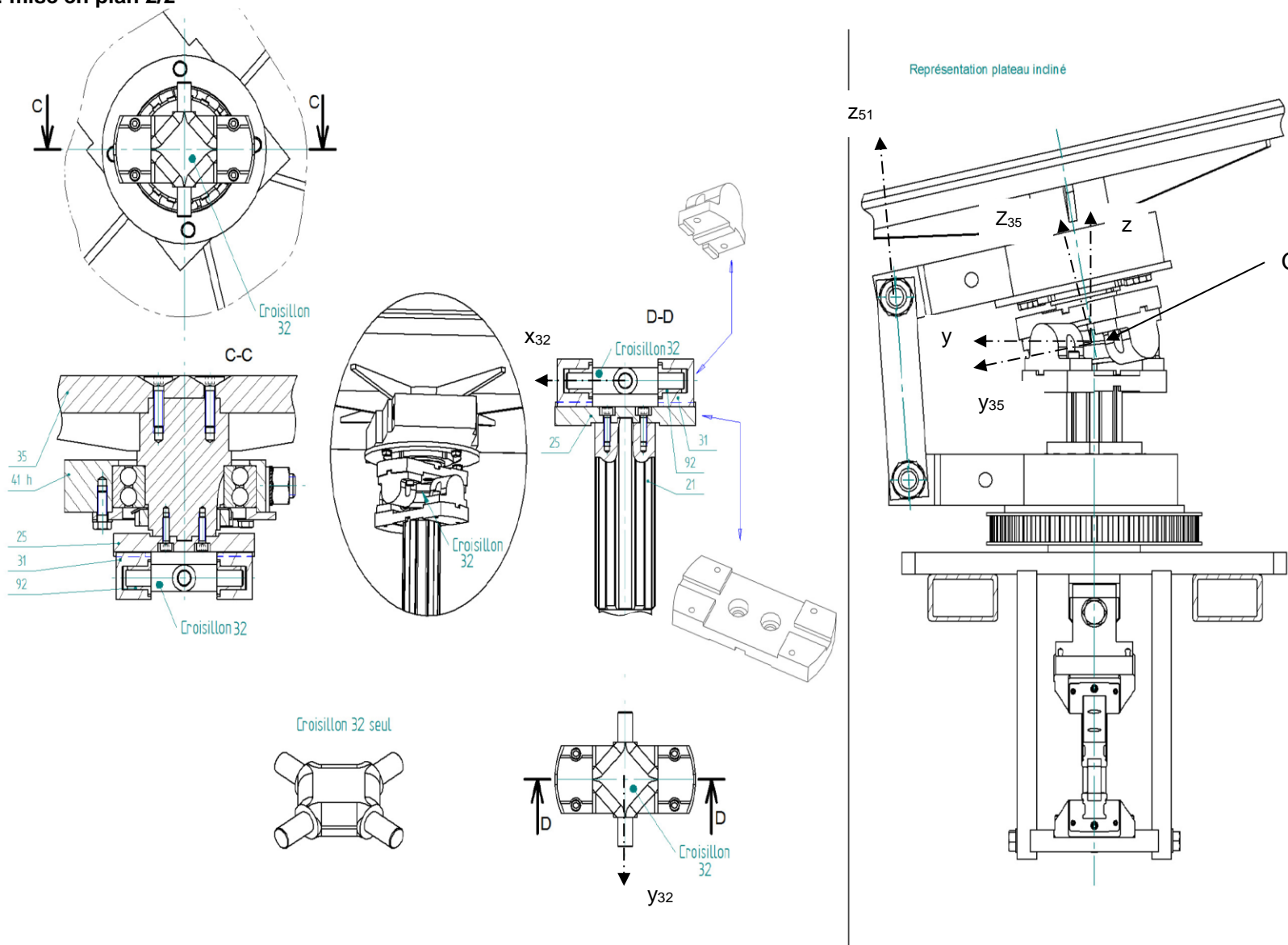
Annexe 2 : nomenclature partielle

92	4	Coussinet à collerette SKF (12-18-24-3)	Bronze fritté
91	2	Rail INAFAG KUVE-20	
90	4	Rondelle à dents DEC 16	
89	4	Ecrou H M16-13 - Norelem	
88	1	Rondelle plate 10,5x2	
87	1	Vis H M10-45	Acier Q 10.9
86	20	Vis Chc 5-18	Acier Q 10.9
85	4	Vis Chc 8-18	Acier Q 10.9
84	2	Rondelle frein - SKF	
83	2	Ecrou à encoches M 55x2 - SKF	
82	2	Roulement rigide à billes à 2 rangées (60-110-28)	
81	2	Chariot INAFAG KUVE-20	
52	2	Axe d'articulation	40 Cr Al Mo 6-12
51	1	Support en H	S 300 Pb
47	4	Vis Chc M 8x35	Acier Q 10.9
43	1	Entretoise	S235
42	1	Poulie	
41 b	2	Entraineur inférieur	S 300 Pb
41 h	2	Entraineur supérieur	S 300 Pb
36	1	Arbre support plateau	S 300 Pb
35	1	Plateau	Composite
32	1	Croisillon	S 300 Pb (acier décolletage) $\sigma_e=400\text{Mpa}$
31	4	Supports croisillon	C45
25	2	Support cardan	C45
22	1	Cale pentée	S 300 Pb
21	1	Arbre cannelé	35 Cr Mo 4
11	1	Cale inclinée	C35
4	1	Plaque inférieure	C35
3	2	Plaque verticale	C35
2	1	Moyeu cannelé	35 Cr Mo 4
1	1	Plaque de fixation	C35
REP	NB	DESIGNATION	MATIERE

Annexe 3 : mise en plan 1/2

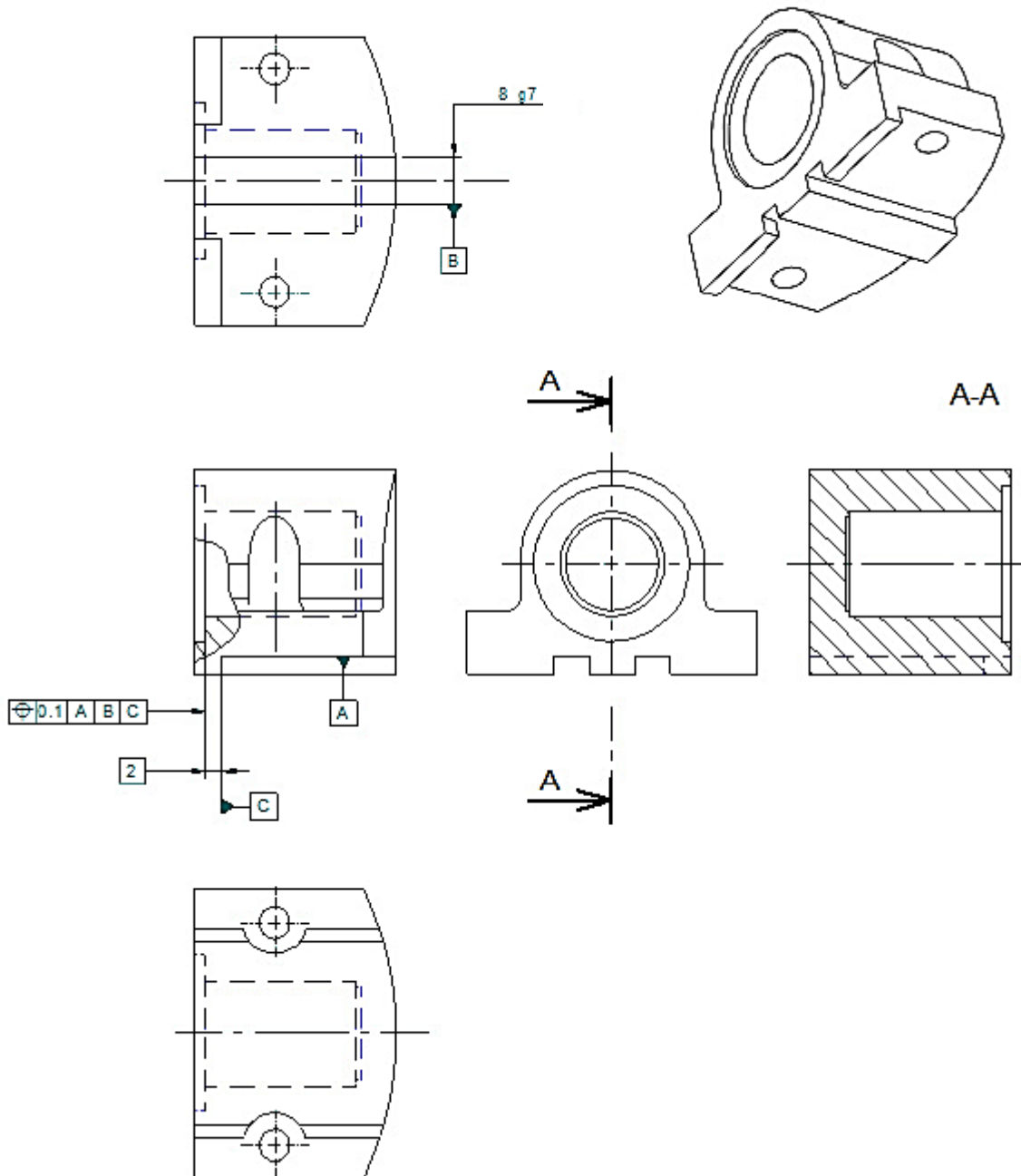


Annexe 4 : mise en plan 2/2





Annexe 5 : plan de définition du croisillon (31)

Support croisillon 31



Annexe 6 : extrait MEMOTECH données constructeurs roulement (82)

9.26. Roulements à billes à contact radial deux rangées de billes

NF E 22 315  

SNR

Coefficients de calculs

Charge équival. dynamique
 $F_a / Fr \leq e : P = Fr$
 $F_a / Fr > e : P = 0,56 Fr + Y F_a$

Fa/Co	X	Y	e
0,014		2,3	0,19
0,028		1,99	0,22
0,056		1,71	0,26
0,084		1,55	0,28
0,11	0,56	1,45	0,30
0,17		1,31	0,34
0,28		1,15	0,38
0,42		1,04	0,42
0,56		1,00	0,44

Charge équivalente statique
 La plus grande des deux valeurs
 $P_0 = Fr$ $P_0 = 0,6 Fr + 0,5 F_a$

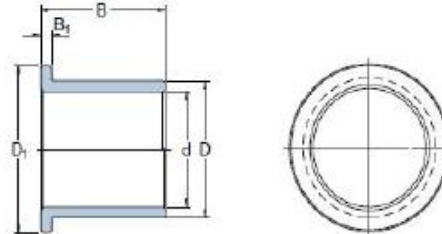
Remarques : Ils sont livrés graissés.
Utilisation : Voir les aptitudes au 9.2. Ils supportent des charges radiales importantes. Ils possèdent une bonne rigidité qui exige un alignement rigoureux des portées.

DIMENSIONS (mm)			CHARGE DE BASE (10 ³ N)		Vitesse limite (tr/min)		EPAULEMENTS ET CÔNGES (mm)				
d	D	B	dyn. C	stat. Co	graisse	huile	d ₃		D ₁		r
							mini	maxi*	mini*	maxi	maxi
10	30	14	9,20	5,20	18 000	23 000	14,0	16,0	24,0	26,0	0,60
12	32	14	9,40	5,50	16 000	20 000	16,0	18,0	26,0	28,0	0,60
15	35	14	10,40	6,60	14 000	18 000	19,0	21,0	29,0	31,0	0,60
	42	17	14,80	9,10	12 000	16 000	21,0	24,0	33,0	36,0	1,00
17	40	16	14,70	9,50	12 000	16 000	21,0	24,0	33,0	36,0	0,60
	47	19	19,70	13,20	11 000	14 000	23,0	26,0	38,0	41,0	1,00
20	47	18	17,80	12,70	10 000	13 000	26,0	29,0	39,0	41,0	1,00
	52	21	23,40	16,00	9 700	13 000	27,0	30,0	42,0	45,0	1,10
25	52	18	19,20	14,70	9 100	12 000	31,0	34,0	43,0	46,0	1,00
	62	24	22,40	8 000	10 000		32,0	37,0	50,0	55,0	1,10
30	62	20	26,00	20,70	7 600	9 800	36,0	40,0	52,0	56,0	1,00
	72	27	39,50	30,50	6 900	8 800	37,0	44,0	59,0	65,0	1,10
35	72	23	32,00	26,00	6 500	8 400	42,0	47,0	60,0	65,0	1,10
	80	31	51,00	38,00	6 100	7 800	44,0	49,0	66,0	71,0	1,50
40	80	23	34,00	30,00	5 800	7 500	47,0	53,0	67,0	73,0	1,10
	90	33	63,00	48,00	5 400	6 900	49,0	56,0	74,0	81,0	1,50
45	85	23	36,00	33,00	5 400	6 900	52,0	59,0	71,0	78,0	1,10
	100	36	72,00	60,00	4 800	6 200	54,0	62,0	83,0	91,0	1,50
50	90	23	37,50	36,50	5 000	6 400	57,0	63,0	77,0	83,0	1,10
	110	40	89,00	76,00	4 400	5 600	61,0	67,0	93,0	99,0	2,00
55	100	25	43,00	43,00	4 500	5 800	64,0	71,0	84,0	91,0	1,50
	120	43	104,00	90,00	4 000	5 100	66,0	73,0	102,0	109,0	2,00
60	110	28	57,00	58,00	4 100	5 300	69,0	77,0	93,0	101,0	1,50
	130	46	120,00	106,00	3 700	4 700	73,0	79,0	111,0	117,0	2,10
65	120	31	67,00	67,00	3 800	4 900	74,0	84,0	101,0	111,0	1,50
	140	48	129,00	113,00	3 400	4 400	78,0	87,0	118,0	127,0	2,10
70	125	31	70,00	73,00	3 600	4 600	79,0	90,0	107,0	116,0	1,50
75	130	31	73,00	80,00	3 400	4 400	84,0	92,0	113,0	121,0	1,50
80	140	33	81,00	90,00	3 200	4 100	91,0	99,0	120,0	129,0	2,00
85	150	36	94,00	106,00	3 000	3 800	96,0	106,0	128,0	139,0	2,00

Annexe 7 : données constructeurs paliers lisses (92)

SKF bronze fritté – coussinets à collerette

Système de désignation
PSMF 08 12 08
Avec collerette
Métrique
Bronze fritté
Coussinet



Caractéristiques	
Charge admis. (dyn/stat). N/mm ²	10/20
Vit. De glissement admissible, m/s	0,25 .. 5
Coefficient de frottement μ	0,05 .. 0,10
Plage de températures, °C	-10 .. + 90
Recommandations d'application	
Tolérances de l'arbre	f7
Tolérances du logement	H7
Rugosité de l'arbre Ra, μm	0,2 .. 0,8
Dureté de l'arbre, HB	200 - 300

APPLICATIONS PRINCIPALES¹⁾

Les coussinets SKF en bronze fritté conviennent tout spécialement pour des applications à mouvement de rotation et là où de bonnes performances d'auto-lubrification sont exigées.

Exemples d'application:

- équipements électriques
- équipements ménagers
- machines d'imprimerie
- machines-outils

PV admissible 1,8 N/mm².m/s

Désignation	d mm	D mm	B mm	D ₁ mm	B ₁ mm	
PSMF 101608 A51	10	16	8	22	3	Tolérances A L'ETAT LIBRE <u>sur :</u> Diamètre intérieur d : E7 Diamètre extérieur D : r7 Longueur coussinet B : h13 Largeur collerette B1 : h13 Diamètre collerette : ø D1 : js13
PSMF 101610 A51	10	16	10	22	3	
PSMF 101616 A51	10	16	16	22	3	
PSMF 121808 A51	12	18	08	24	3	
PSMF 121810 A51	12	18	10	24	3	
PSMF 121812 A51	12	18	12	24	3	
PSMF 121820 A51	12	18	20	24	3	
PSMF 142010 A51	14	20	10	26	3	
PSMF 142012 A51	14	20	12	26	3	
PSMF 142014 A51	14	20	14	26	3	
PSMF 142020 A51	14	20	20	26	3	