

SUJET A

MECANIQUE - CONCEPTION

Durée : 4 heures

Etude d'une transmission de faucheuse conditionneuse



Le sujet comporte 6 pages de texte et 5 documents

Liste des figures et documents :

- Page de garde** : Photographie présentant la faucheuse conditionneuse au travail
- Document I** : Présentation des différentes parties de la faucheuse-conditionneuse (format A4)
 - Figure 1** : Présentation de la faucheuse conditionneuse
 - Figure 2** : Présentation de la barre de coupe
- Document II** : Schéma présentant l'architecture de la faucheuse conditionneuse (format A4)
- Document III** : Trame préimprimée, présentant le montage d'un disque, à rendre à la fin de l'épreuve (format A3)
- Document IV** : Trame préimprimée, présentant le réducteur, à rendre à la fin de l'épreuve (format A3)
- Document V** : Dimensions de roulements à rouleaux coniques (format A4)

Tournez la page S.V.P.

Etude d'une transmission de faucheuse conditionneuse

Présentation

Pour augmenter la productivité et la qualité des produits les agriculteurs utilisent des outils de plus en plus sophistiqués. Le support de l'étude est une faucheuse conditionneuse (**Document I et II**) ; le modèle étudié permet de couper le fourrage sur une largeur de 3 m avec une vitesse d'avancement comprise entre 6 et 13 km/h. La faucheuse est traînée par le tracteur et la puissance nécessaire à son entraînement est de l'ordre de 50 kW (la prise de force du tracteur assure l'entraînement de la machine à une vitesse de rotation de 540 tr/mn). La barre de coupe comporte six disques tournant à 2600 tr/mn pour assurer une coupe nette et rapide de la récolte ; la coupe est réalisée par des couteaux montés sur les disques. La forme ovale des disques génère un flux d'air qui permet d'évacuer de façon régulière le fourrage sans risque de recoupe. La barre de coupe doit épouser parfaitement les mouvements du terrain pour ramasser toute la récolte, même couchée. Ainsi des patins sont disposés sous le boîtier de barre de coupe pour éviter son usure et pour le protéger ; de plus, un système de ressorts compensateurs favorise le contact permanent de la barre de coupe sur le sol. Différents réglages sont nécessaires pour adapter les conditions de coupe en fonction de la nature du terrain et de la nature du fourrage. De plus, pour les manœuvres la barre de coupe doit pouvoir être levée et pour le transport elle doit être déportée derrière le tracteur.

De nombreuses parties de ce type de machines imposent des choix techniques spécifiques pour satisfaire le cahier des charges tout en conservant une grande fiabilité de l'ensemble. Principalement deux points vont être étudiés. Le premier correspond à la conception de la barre de coupe, qui doit être de faible épaisseur dans le but de couper le fourrage le plus près possible du sol (hauteur de coupe réglable de 3 à 15 cm). Le second est lié au système d'accouplement entre le tracteur et la faucheuse qui doit être compatible avec les nombreuses manœuvres devant être réalisées, en particulier en bout de parcelle, sans avoir besoin d'arrêter la coupe du fourrage.

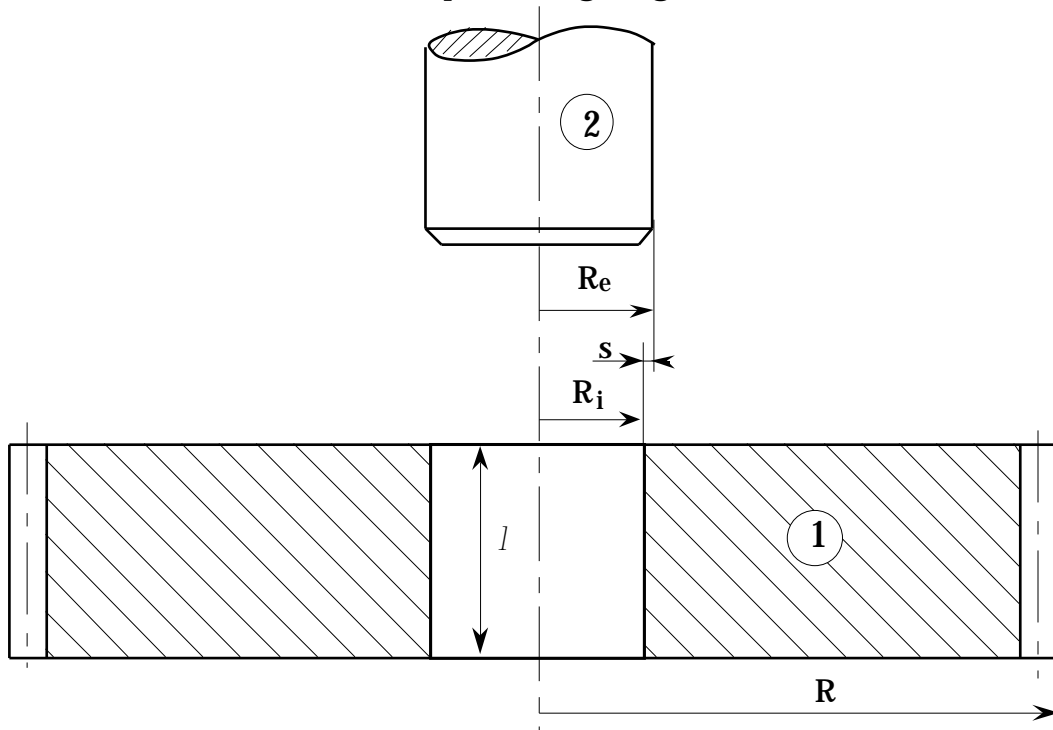
Le travail demandé comporte deux études d'importance sensiblement équivalente. La première étude concerne la modification de la transmission de la barre de coupe (dimensionnement d'une liaison et réalisation du montage), et la seconde est liée à la conception d'un boîtier de la flèche pivotante.

PREMIERE PARTIE : Dimensionnement de la transmission de la barre de coupe

L'entraînement des disques assurant la coupe du fourrage est réalisé par un pignon arbré (figure 2).

1) Proposer rapidement un moyen d'obtention de la préforme pour ce pignon arbré, sachant que la production correspond à une série moyenne.

Pour réduire les coûts, nous proposons d'étudier une autre solution technologique correspondant à la réalisation de cet ensemble en deux parties ; la liaison complète entre le pignon (1) et l'arbre (2) étant réalisée par frettage (figure ci-dessous).



Sachant que la liaison doit principalement transmettre un couple C , on cherche à déterminer la différence s des rayons R_e et R_i , ainsi que la longueur de frettage l pour satisfaire la transmission du couple. Pour établir la relation existant entre s , l et C , on fait les hypothèses suivantes :

- lors du montage les matériaux se déforment élastiquement, leurs lois de comportement en élasticité linéaire sont caractérisées respectivement par les constantes μ_1 et μ_2 ;

Tournez la page S.V.P.

- les déplacements sont radiaux, en coordonnées cylindriques les champs des déplacements dans les pièces à assembler sont de la forme : $u(M) = u(r) e_r$ (la base locale orthonormée associée aux coordonnées cylindriques est notée (e_r, e_θ, e_z)) ;
- on néglige toute densité volumique d'effort à distance f devant les densités d'effort surfacique de contact.

Pour réaliser l'étude on utilise la méthode des déplacements. Lorsque le champ des déplacements est irrotationnel, c'est le cas ici, on rappelle que les équations de NAVIER peuvent s'écrire sous la forme suivante :

$$(\lambda + 2\mu)(\text{div } u(M))_{,r} + f_r = 0$$

$$(\lambda + 2\mu)(\text{div } u(M))_{,\theta} + f_\theta = 0$$

$$(\lambda + 2\mu)(\text{div } u(M))_{,z} + f_z = 0$$

$$\text{div } u(M) = u_{r,r} + \frac{1}{r}(u_{,\theta} + u_{r,\theta}) + u_{z,z}$$

On rappelle également la forme générale de la représentation de l'opérateur $\text{grad } u$ sur la base locale orthonormée associée aux coordonnées cylindriques :

$$\text{grad } u = \begin{pmatrix} u_{r,r} & \frac{1}{r}(u_{r,\theta} - u_{,\theta}) & u_{r,z} \\ u_{,\theta,r} & \frac{1}{r}(u_{,\theta,\theta} + u_{r,\theta}) & u_{,\theta,z} \\ u_{z,r} & \frac{1}{r}u_{z,\theta} & u_{z,z} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_r \\ e_\theta \\ e_z \end{pmatrix}$$

2) Rappeler la signification des équations de NAVIER.

3) Pour le cas proposé écrire :

- la représentation de $\text{grad } u$ sur la base locale,
- les équations de NAVIER.

4) Déduire la fonction $u(r)$ pour le pignon (1) et l'arbre (2).

5) Donner sur la base locale la représentation des tenseurs des déformations et des contraintes.

- 6) Calculer, en fonction de la pression de frettage p , les constantes d'intégration qui subsistent dans les expressions des contraintes. Pour ce calcul on supposera que R est grand devant R_i .
- 7) Déterminer la relation existant entre s et p .
- 8) Le frottement du contact est caractérisé par f , le coefficient de COULOMB, donner l'expression de la pression minimale p_{mini} qui assure la transmission du couple C .
- 9) Donner l'expression du serrage minimal s_{mini} à considérer lors de la fabrication de l'arbre et du pignon, en fonction des paramètres définissant la géométrie de l'assemblage et des caractéristiques du matériau.
- 10) Proposer une démarche pour déterminer une valeur du serrage maximal s_{maxi} admissible.
- 11) Le montage du pignon sur l'arbre se fait à la presse, exprimer l'effort maximal F_{maxi} nécessaire à l'opération.
- 12) Indiquer ce qui change dans la démarche de calcul de s_{mini} lorsque l'on veut prendre en compte les effets d'inertie (le pignon peut tourner à 3600 tr/mn).
- 13) Réaliser un dessin d'avant projet du montage d'un disque sur le boîtier de barre de coupe (**document III**), sachant que :
- la liaison pivot entre l'arbre (2) entraînant le disque et le carter de la barre de coupe est réalisée par un roulement à billes à contact oblique à deux rangées avec joints dont les dimensions sont données sur le **document III**,
 - le carter de la barre de coupe est un profilé "creux" de section rectangulaire,
 - les engrenages sont lubrifiés à l'huile,
 - le système doit être facilement démontable pour assurer les réparations,
 - le système doit être compact pour ne pas perturber la coupe du fourrage.
- 14) Quelles autres études mécaniques faudrait-il réaliser pour caractériser complètement le dimensionnement de la liaison arbre-pignon que vous avez conçue? Justifier rapidement vos réponses.

Tournez la page S.V.P.

SECONDE PARTIE : Conception du boîtier de flèche pivotante

- 1) Commenter rapidement la modélisation des liaisons tracteur-sol et faucheuse-sol (**document II**).
- 2) Proposer des choix technologiques pour la réalisation des trois accouplements 1, 2 et 3 (**document II**) ; justifier rapidement vos choix.

Pour autoriser des rayons de braquage très courts, la flèche pivotante permet de tourner à 90° en souplesse et en toute sécurité pour la transmission. Cette transmission est principalement composée de 2 boîtiers de type "renvoi d'angle" à axes perpendiculaires (**document II**). L'étude proposée concerne la conception de l'un de ces boîtiers (renvoi d'angle 2, **document II**), dont les caractéristiques sont :

- arbre d'entrée de diamètre 35 mm (pour la liaison avec le boîtier précédent),
- arbre de sortie cannelé de diamètre extérieur 35 mm (pour la liaison avec l'arbre de transmission),
- pignons coniques de module 6 mm comportant respectivement 20 et 27 dents (**document IV**),
- puissance maximale transmise par le boîtier : 50 kW, vitesse de rotation de l'arbre d'entrée : 730 tr/mn.

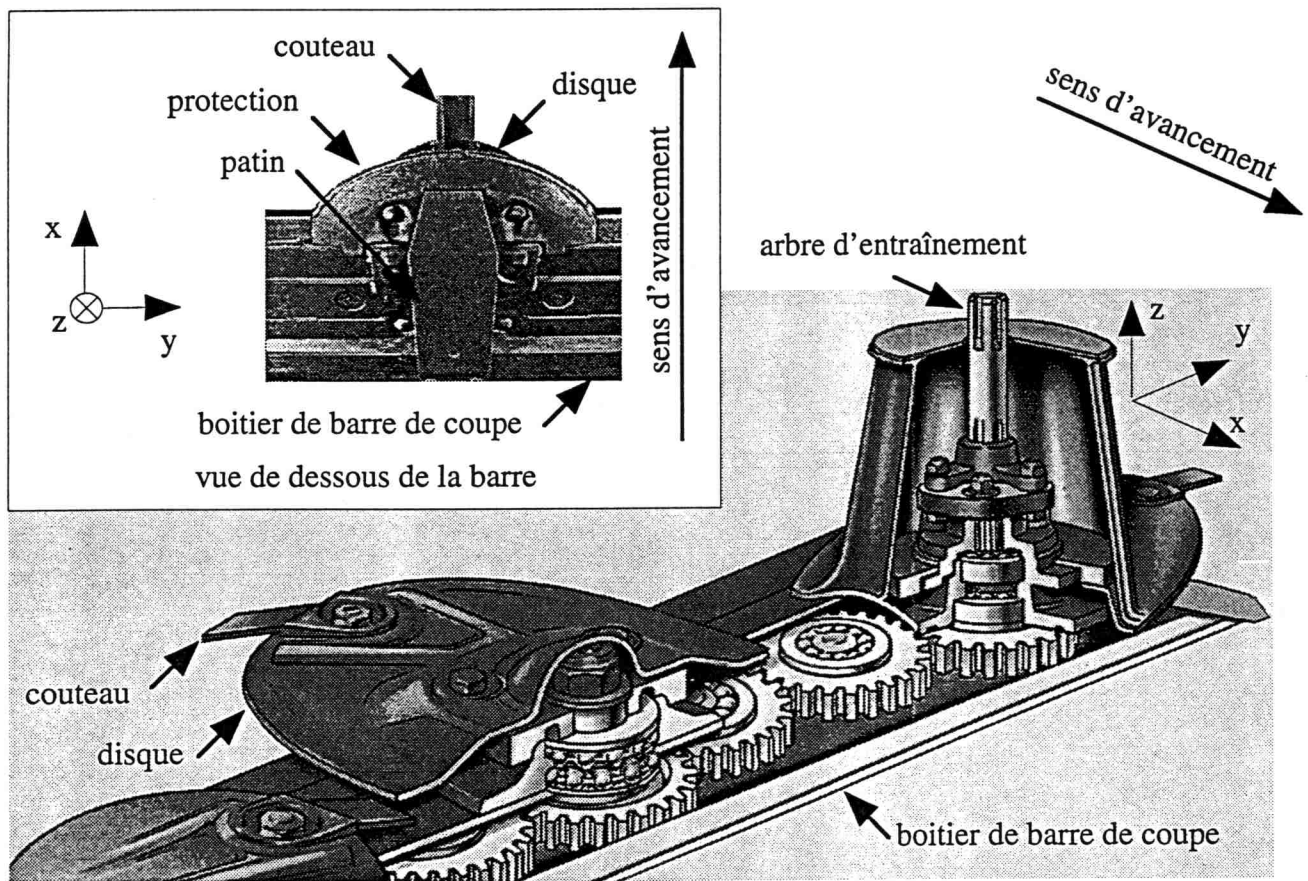
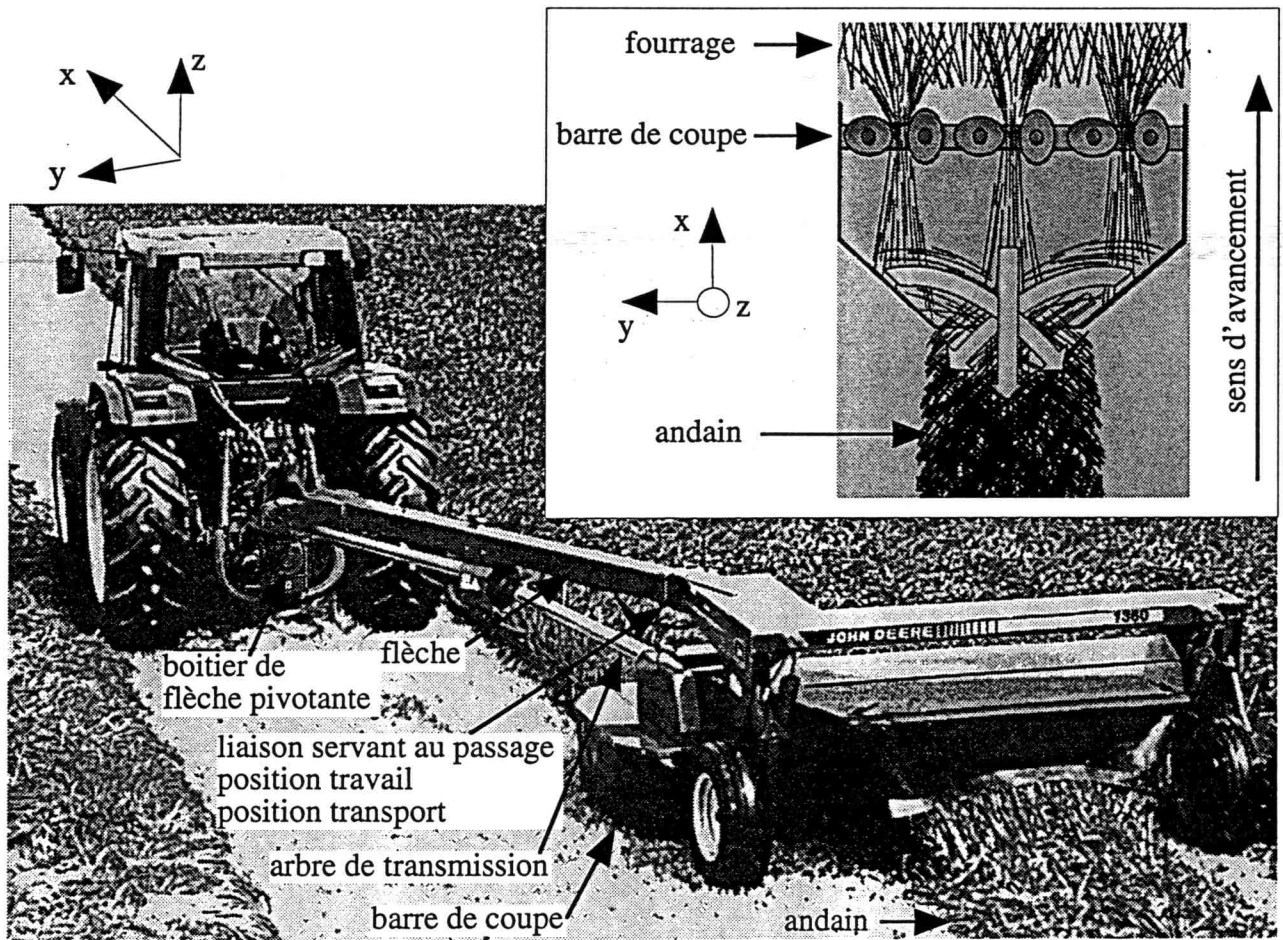
- 3) Réaliser un dessin d'avant projet de ce boîtier (**document IV**) en respectant le cahier des charges suivant :

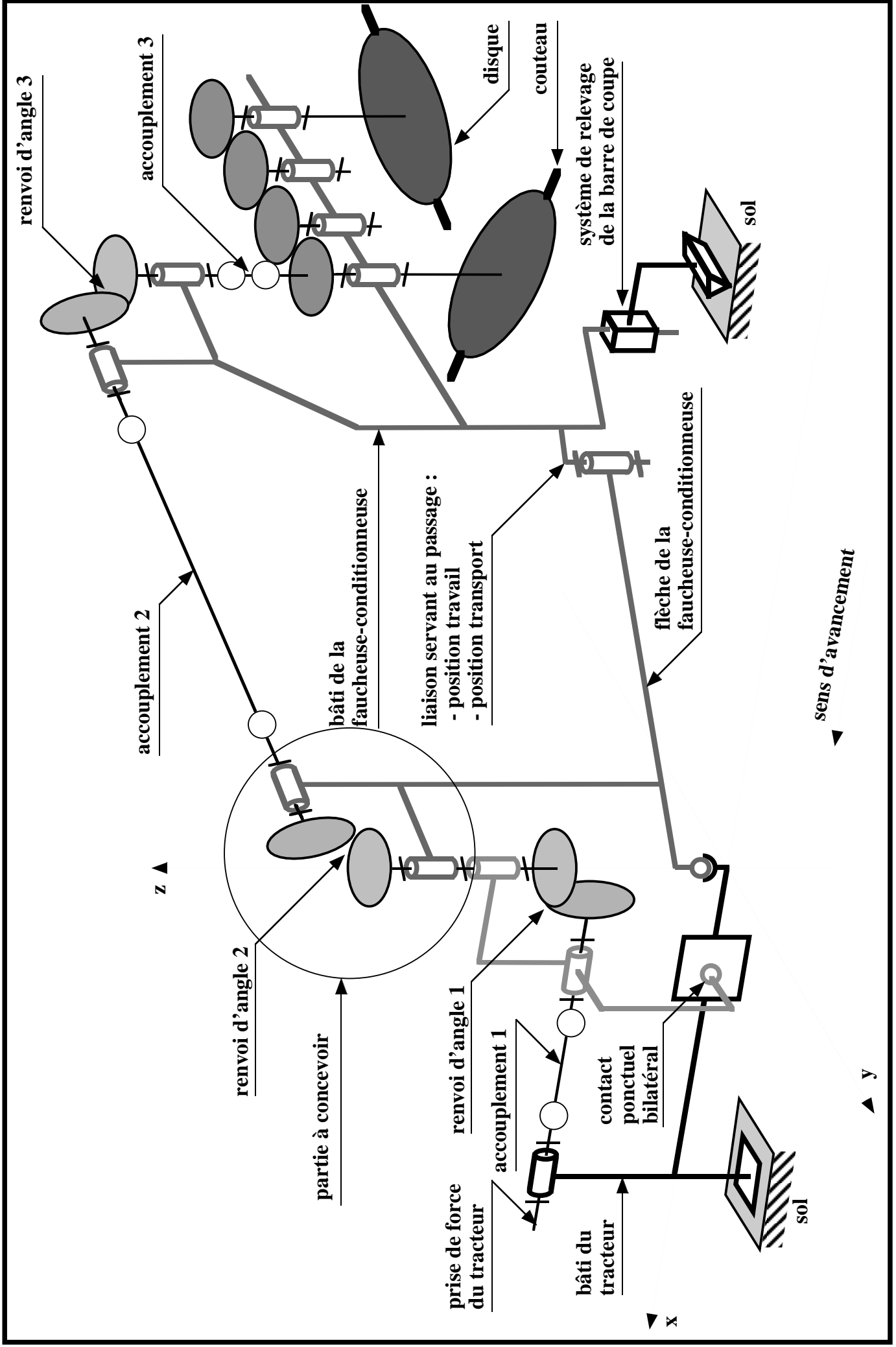
- système rigide et compact permettant un montage facile,
- liaisons pivots réalisées par des roulements à rouleaux coniques (**document V**),
- carter devant être fixé sur le bâti de la faucheuse,
- lubrification à l'huile,
- réalisation en moyenne série.

Le dimensionnement des différentes liaisons n'est pas à étudier.

- 4) Commenter rapidement le choix proposé pour les roulements.
- 5) Proposer une démarche pour déterminer la durée de vie d'une des deux liaisons pivots ; des schémas peuvent avantageusement être utilisés pour faciliter la présentation des différentes étapes. Les calculs ne sont pas à réaliser.

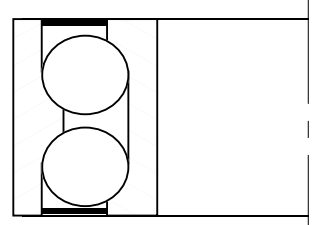
Tournez la page S.V.P.





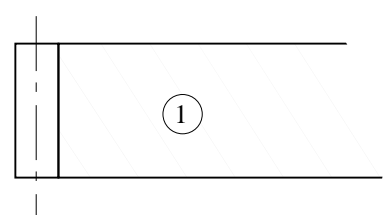
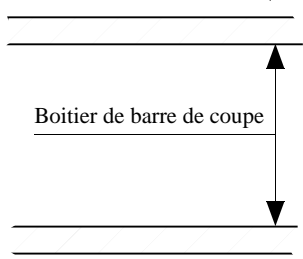
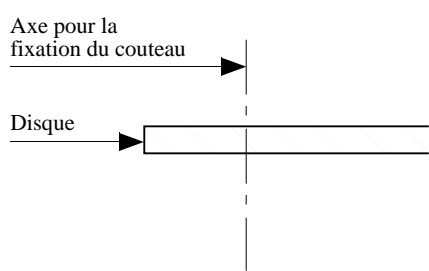
Document II : Schéma présentant l'architecture de la faucheuse-conditionneuse (en position travail)

Nom :
(en lettres capitales)
Prénom :
Epreuve :
N° de table :



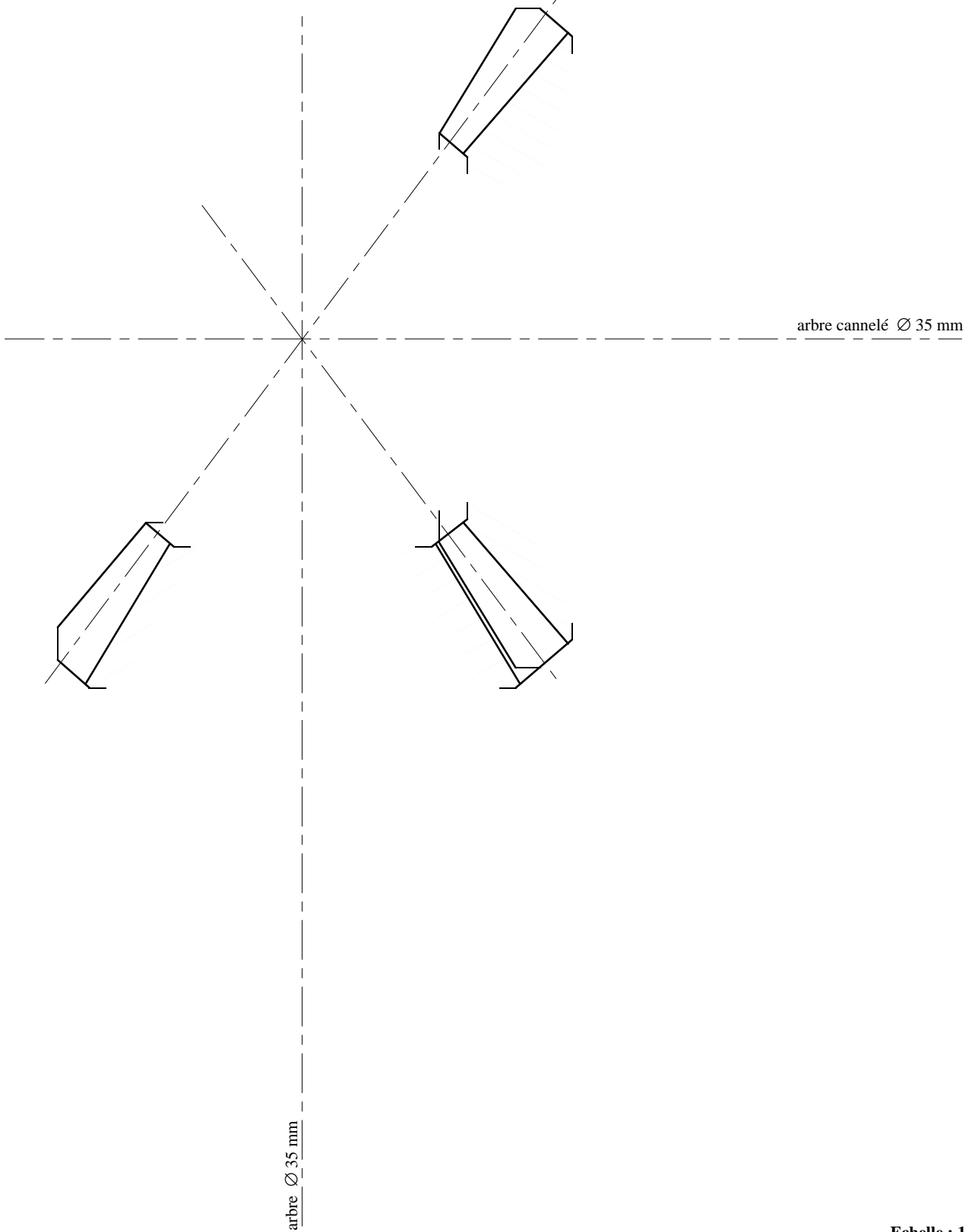
Roulement avec joints à utiliser

Axe de rotation du disque
Axe de l'arbre (2) →

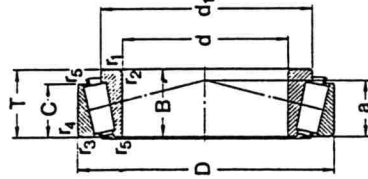
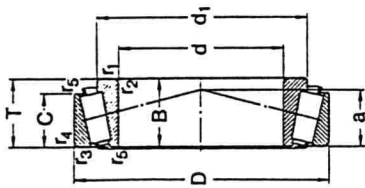


Echelle : 1

Nom :
(en lettres capitales)
Prénom :
Epreuve :
N° de table :



Echelle : 1



Dimensions d'encombrement		Charges de base dyn. stat.		Limite de fatigue		Vitesse de base		Masse		Designation		Serie de dimensions selon ISO 355	
d	D	T	C	C ₀	P _u	N	tr/min	kg					
15	42	14,25	22 400	20 000	2 120	9 000	13 000	0,095	30302	2FB			
17	40	13,25	19 000	18 600	1 860	9 000	13 000	0,075	30203	2DB			
	47	15,25	28 100	25 000	2 750	8 500	12 000	0,13	30303	2FB			
	47	20,25	34 700	33 500	3 650	8 000	11 000	0,17	32303	2FD			
20	42	15	24 200	27 000	2 700	8 500	12 000	0,097	32004 X	3CC			
	47	15,25	27 500	28 000	3 000	8 000	11 000	0,12	30204	2DB			
	52	16,25	34 100	32 500	3 600	8 000	11 000	0,17	30304	2FB			
	52	22,25	44 000	45 500	5 000	7 500	10 000	0,23	32304	2FD			
22	44	15	25 100	29 000	2 900	8 000	11 000	0,10	320/22 X	3CC			
	47	17	34 100	36 500	3 900	8 000	11 000	0,14	T2CC 022	2CC			
25	47	15	27 000	32 500	3 350	8 000	11 000	0,11	32005 X	4CC			
	52	16,25	30 800	33 500	3 550	7 500	10 000	0,15	30205	3CC			
	52	19,25	35 800	44 000	4 750	7 000	9 500	0,19	32205 B	5CD			
	62	18,25	44 600	43 000	6 000	6 700	9 000	0,23	30305	2DE			
	62	18,25	44 600	40 000	4 400	6 700	7 500	0,26	31305	2FB			
	62	25,25	60 500	63 000	7 100	6 000	8 000	0,36	32305	2FD			
28	52	16	31 900	38 000	4 000	7 000	9 500	0,15	320/28 X	4CC			
	58	20,25	41 800	50 000	5 500	6 300	8 500	0,25	322/28 B	5DD			
30	55	17	35 800	44 000	4 650	6 700	9 000	0,17	32006 X	4CC			
	62	17,25	40 200	44 000	4 800	6 300	8 500	0,23	30206	3DB			
	62	21,25	50 100	57 000	6 500	6 300	8 500	0,28	32206	3DB			
	62	21,25	48 500	58 500	6 550	6 000	8 000	0,30	32206 B	5DC			
	62	25	64 400	76 500	8 500	5 600	7 500	0,37	33206	2DE			
	72	20,75	56 100	56 000	6 400	5 600	6 400	0,39	30306	2FB			
	72	20,75	47 300	50 000	5 850	5 000	6 700	0,39	31306	7FB			
	72	28,75	76 500	85 000	9 650	5 300	7 000	0,55	32306	2FD			
32	58	17	36 900	46 500	4 900	6 300	8 500	0,19	320/32 X	4CC			
35	62	18	42 900	54 000	5 850	6 000	8 000	0,22	32007 X	4CC			
	72	18,25	51 200	58 000	6 200	5 300	7 000	0,32	30207	3DB			
	72	24,25	66 000	78 000	8 650	5 300	7 000	0,43	32207	3DC			
	72	24,25	60 500	75 000	8 300	5 300	7 000	0,44	32207 B	5DC			
	72	28	84 200	106 000	11 800	4 800	6 300	0,56	33207	2DE			

Dimensions d'encombrement		Charges de base dyn. stat.		Limite de fatigue		Vitesse de base		Masse		Designation		Serie de dimensions selon ISO 355	
d	D	T	C	C ₀	P _u	N	tr/min	kg					
35	80	22,75	72 100	73 500	8 500	5 000	6 700	0,52	30307	3CC			
	80	22,75	61 600	67 000	7 800	4 500	6 000	0,52	31307	3CE			
	80	32,75	95 200	106 000	12 200	4 800	6 300	0,73	32307	3DB			
	80	32,75	93 500	114 000	13 200	4 500	6 000	0,80	32307 B	5FE			
40	68	19	52 800	71 000	7 800	5 300	7 000	0,27	32008 X	3CD			
	75	26	79 200	104 000	11 600	5 000	6 700	0,51	33108	2CE			
	80	19,75	61 600	68 000	7 650	4 800	6 300	0,42	30208	3DB			
	80	24,75	74 800	86 500	9 800	4 800	6 300	0,53	32208	3DC			
	80	32	105 000	132 000	15 300	4 300	5 600	0,77	33208	3DE			
	85	33	121 000	150 000	17 300	4 500	6 000	0,90	T2EE 040	2EE			
	90	25,25	85 800	95 000	11 000	4 500	6 000	0,72	30308	2FB			
	90	25,25	73 700	81 500	9 650	4 000	5 300	0,72	31308	7FB			
	90	35,25	117 000	140 000	16 300	4 000	5 300	1,00	32308	2FD			
	90	35,25	108 000	140 000	16 300	4 000	5 300	1,10	32308 B	5FD			
45	75	20	58 300	80 000	8 800	4 800	6 300	0,34	32009 X	3CC			
	80	26	84 200	114 000	12 900	4 500	6 000	0,56	33109	3CE			
	85	20,75	66 000	76 500	8 650	4 500	6 000	0,48	30209	3DB			
	85	24,75	80 900	98 000	11 200	4 500	6 000	0,58	32209	3DC			
	85	32	108 000	143 000	16 300	4 000	5 600	0,60	32209 B	5DC			
	85	32	108 000	143 000	16 300	4 000	5 600	0,82	33209	3DE			
	95	29	89 700	112 000	12 900	3 600	4 800	0,90	T7FC 045	7FC			
	95	36	147 000	186 000	21 200	4 000	5 300	1,20	T2ED 045	2ED			
	100	27,25	108 000	120 000	14 600	4 000	5 300	0,97	30309	2FB			
	100	27,25	91 300	102 000	12 500	3 400	4 500	0,95	31309	7FB			
	100	38,25	140 000	170 000	20 400	3 600	4 800	1,35	32309 B	2FD			
	100	38,25	134 000	176 000	20 000	3 600	4 800	1,45	32309 B	5FD			
50	80	20	60 500	88 000	9 650	4 500	6 000	0,37	32010 X	3CC			
	80	24	69 300	102 000	11 400	4 500	6 000	0,45	33010	2CE			
	82	21,5	72 100	100 000	11 000	4 500	6 000	0,43	K-JLM 104948/K-JLM 104910				
	85	26	85 800	122 000	13 700	4 300	5 600	0,59	33110	3CE			
	90	21,75	76 500	91 500	10 400	4 300	5 600	0,54	30210	3DB			
	90	24,75	82 500	100 000	11 600	4 300	5 600	0,61	32210	3DC			
	90	24,75	82 500	104 000	12 500	4 000	5 300	0,65	32210 B	5DC			
	90	28	106 000	140 000	16 300	4 000	5 300	0,75	K-JM 205149/K-JM 205110				
	90	28	106 000	140 000	16 300	4 000	5 300	0,75	K-JM 205149/K-JM 205110 A				
	90	32	114 000	160 000	18 300	3 800	5 000	1,30	32210	3DE			
	100	36	154 000	200 000	22 800	3 800	5 000	1,30	T3ED 050	2ED			
	105	32	108 000	137 000	16 000	3 200	4 300	1,20	T7FC 050	7FC			