

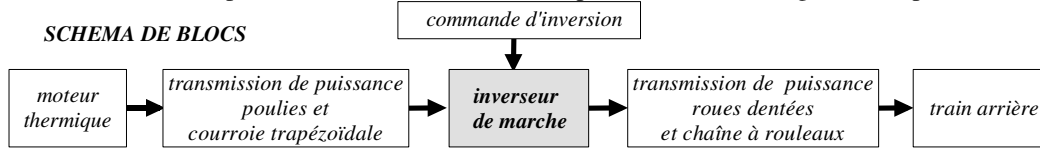
LIAISON PIVOT

GUIDAGE EN ROTATION PAR GLISSEMENT : PALIERS LISSES

APPLICATION : VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DES COUSSINETS SUR UN INVERSEUR DE MARCHE DE TONDEUSE A GAZON

1. MISE EN SITUATION

La mise en plan à échelle réduite représente un inverseur de marche pour une tondeuse à gazon autoportée.



Fonctions techniques réalisant la fonction de service : **inverser les sens de marche de la tondeuse**

Fonctions Techniques		Solutions Constructives	
FT ₁	Réaliser une liaison pivot par glissement entre l'arbre d'entrée et les deux demi-carter	SC _A	➤ deux paliers avec des coussinets à collerette
FT ₂	Réaliser une liaison pivot par glissement entre l'arbre de sortie et les deux demi-carter	SC _B	➤ deux paliers avec des coussinets à collerette
FT ₃	Transmettre de la puissance mécanique entre deux arbres orthogonaux	SC _C	➤ poulie 1 encastrée sur l'arbre d'entrée 2 ➤ engrenage conique : pignon conique 2 arbré et deux roues coniques folles 3 et 7 ➤ pignon de sortie pour chaîne encastré sur l'arbre de sortie 6
FT ₄	Commander l'inversion du sens de rotation de l'arbre de sortie	SC _D	➤ fourchette de commande actionnée par une tirette et agissant sur le baladeur à crabots 5 en liaison glissière sur l'arbre de sortie 6

Pour SC_A et SC_B :

- indiquer sur la mise en plan les ajustements radiaux et les jeux axiaux
 - justifier la disposition des coussinets de l'arbre de sortie dans les demi-carter
- Quel type de lubrification est-il réalisé pour les organes mobiles de l'inverseur?

2. SCHEMA CINEMATIQUE DE L'INVERSEUR DE MARCHE

Représenter le schéma cinématique de l'inverseur de marche dans le plan XZ, y faire apparaître la fourchette de commande

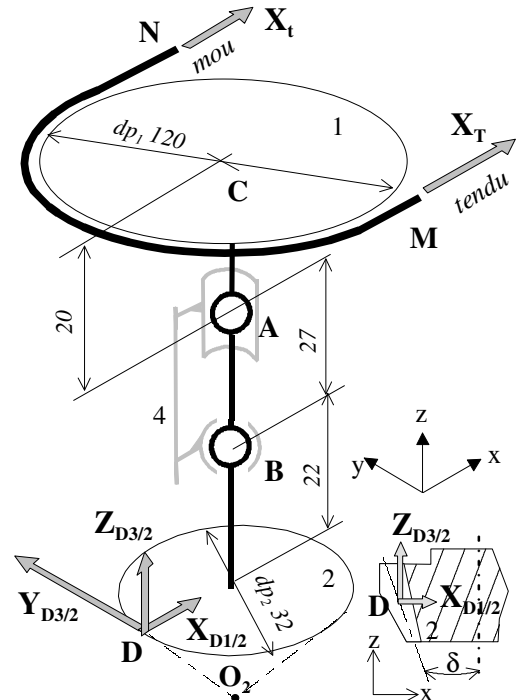
- Puissance motrice disponible à la sortie du moteur thermique : P_{mot} = 3 kW
- Fréquence de rotation de la poulie 1 : N₁ = 3820 tr/mn
- On a modélisé ci-contre la liaison pivot par paliers lisses de 2 / 4 par une liaison linéaire annulaire et liaison rotule, respectivement de centres géométriques A et B, afin d'obtenir un modèle isostatique de calcul.
- Les tensions dans les brins (parallèles à l'axe x) de la courroie sont modélisées par des forces X_T \vec{x} (tension dans le brin tendu au point M, d'abscisse x_M) et X_T \vec{x} (tension dans le brin mou au point N, d'abscisse x_N).
- On donne la relation entre ces deux tensions : X_T = 2.5X_T
- L'action mécanique au point D de la roue conique 3 sur le pignon conique arbré 2 est modélisé par :

$$\{F_{3/2}\}_D = \begin{Bmatrix} \vec{D}_{3/2} = X_D \vec{x} + Y_D \vec{y} + Z_D \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D$$

- composante tangentielle : Y_D
- composante axiale : Z_D = Y_D × tanα × sinδ avec Z_D > 0 (*)
- composante radiale : X_D = Y_D × tanα × cos δ avec X_D > 0 (*)

(*) : sens du vecteur dirigé vers la matière du système isolé pignon conique arbré 2, cf. détail sur figure au point D

- angle de pression pour le pignon conique arbré 2, α = 20°
- angle primitif du pignon conique arbré 2, δ = 20°



3. CALCULS

3.1 Système isolé

pignon conique arbré 2 + poulie 1 + brin de courroie enroulé + brin de courroie tenu + brin de courroie mou

3.2 Hypothèses

Frottement dans les liaisons et masses des composants négligés

5.3.2.1 Bilan des actions mécaniques

	linéaire annulaire $\{F_{4/2}\}_A = \begin{Bmatrix} \vec{A}_{4/2} = X_A \vec{x} + Y_A \vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$	brin tendu $\{F_{\text{courroie tend./1}}\}_M = \begin{Bmatrix} \vec{M}_{ct/1} = X_T \vec{x} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_M$
engrenage conique $\{F_{3/2}\}_D = \begin{Bmatrix} \vec{D}_{3/2} = X_D \vec{x} + Y_D \vec{y} + Z_D \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D$	rotule $\{F_{4/2}\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{B}_{4/2} = X_B \vec{x} + Y_B \vec{y} + Z_B \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B$	brin mou $\{F_{\text{courroie mol./1}}\}_N = \begin{Bmatrix} \vec{N}_{cm/1} = X_t \vec{x} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_N$

3.3 Application du principe fondamental de la statique

Le système isolé étant en mouvement de rotation uniforme et sans masse, on peut appliquer ce principe.

On remarque qu'il y a 10 inconnues algébriques. La connaissance de la puissance, la relation entre les tensions et les deux relations sur les efforts transmissibles dans un engrenage conique permettent de calculer 4 de ces inconnues, les 6 autres seront calculées à partir des 6 équations fournies par l'application du PFS.

□ Calcul des tensions : la puissance transmissible par les courroies s'exprime $P = M_1 \times \omega_{1/4} = (X_T - X_t) \times \frac{dp_1}{2} \times \omega_{1/4}$

avec $\omega_{1/4} = \frac{\pi \times N_{1/4}}{30}$ et $X_T = 2.5X_t$

AN : $\omega_{1/4} = 400 \text{ rad/s}$; $X_t = +83.3\text{N}$ et $X_T = 208.3\text{N}$

□ Principe fondamental de la statique : $\{F_{4/2}\}_B^A + \{F_{4/2}\}_B^B + \{F_{ct/1}\}_B + \{F_{cm/1}\}_B + \{F_{3/2}\}_B \equiv \{0\}$

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{D} + \vec{M} + \vec{N} \quad \text{et} \quad \sum \vec{M}_{(\vec{F}_{\text{ext}})} / B = \vec{0} = \vec{BM} \wedge \vec{M} + \vec{BN} \wedge \vec{N} + \vec{BA} \wedge \vec{A} + \vec{BD} \wedge \vec{D}$$

avec : $\vec{BM} = x_M \vec{x} - 60\vec{y} + 47\vec{z}$; $\vec{BN} = x_N \vec{x} + 60\vec{y} + 47\vec{z}$; $\vec{BA} = +27\vec{z}$; $\vec{BD} = -16\vec{x} - 22\vec{z}$

□ 6 équations de projections

forces	/ x : $X_A + X_B + X_D + 208.3 + 83.3 = 0$	moments	/ x : $22 \times Y_D - 27 \times Y_A = 0$
	/ y : $Y_A + Y_B + Y_D = 0$		/ y : $-22 \times X_D + 16 \times Z_D + 27 \times X_A + 47 \times 208.3 + 47 \times 83.3 = 0$
	/ z : $Z_A + Z_D = 0$		/ z : $-16 \times Y_D + 607 \times 208.3 - 60 \times 83.3 = 0$

□ 2 équations supplémentaires

$X_D = Y_D \times \tan \alpha \times \sin \delta$ avec $X_D > 0$

$Z_D = Y_D \times \tan \alpha \times \cos \delta$ avec $Z_D > 0$

$\vec{A}_{4/2}$ $\begin{cases} X_A = -555,17 \\ Y_A = +381,9 \\ Z_A = 0 \end{cases}$	$\vec{B}_{4/2}$ $\begin{cases} X_B = 205,15 \\ Y_B = -850,7 \\ Z_B = -160,7 \end{cases}$	$\vec{D}_{3/2}$ $\begin{cases} X_D = 58,35 \\ Y_D = +468,75 \\ Z_D = +160,3 \end{cases}$
--	--	--

3.4 Démarche pour un calcul de coussinet

Il s'agit de déterminer à l'aide de l'extrait du catalogue Glacier le **matériau** le plus adapté pour chaque critère proposé pour le coussinet B qui est le plus sollicité radialement. Le matériau retenu sera celui qui est commun à tous les critères.

coussinet B : charge radiale appliquée au : $F_{rB} = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 875\text{N}$, avec une portée $L = 18$ et un diamètre intérieur $d = 16$

Vitesse linéaire de l'arbre : $V = \frac{d}{2} \times \omega = \frac{16}{2} \times 3 \times 400 = 3.2 \text{ m/s}$	Matériaux possibles
Pression de contact : $p = \frac{F_{rB}}{L \times d} = \frac{875}{18 \times 16} = 3.04 \text{ N/mm}^2$	
Produit ($p \times V$) : $p \times V = 3.04 \times 3.2 = 9.728 \text{ N/mm}^2 \times \text{m/s}$	
Température :	
Coef de frottement et lubrification :	

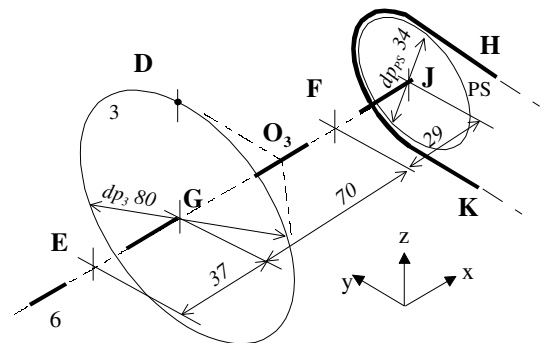
Choix du matériau pour le coussinet du palier B :

4. VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DES COUSSINETS DE LA LIAISON PIVOT {ARBRE DE SORTIE 6 ET DEUX DEMI-CARTERS 4}

Données et travail à faire

En reprenant la démarche précédente et en utilisant ses résultats :

- compléter la modélisation permettant le calcul des actions mécaniques sur les deux paliers à coussinets E et F.
- calculer toutes actions mécaniques
- déterminer quel est le brin tendu (en H d'ordonnée y_H ou en K d'ordonnée y_K) sur la chaîne du pignon de sortie PS. On néglige l'action du brin mou de la chaîne et on considère les brins parallèles à l'axe y
- calculer tous les paramètres nécessaires à la détermination des coussinets et déterminer leur matériau (catalogue GLACIER)



Extraits du catalogue des produits Glacier Garlock Bearings

Propriétés		Unités	Gar Max	DH	DP4	DP31	DM10	DX	HX	DS	EP	Bronze fritté	Bronze massif	DU-B
Pression de contact maxi p	statique	MPa	210	250	250	250	70	140	140	110	80	10	200	250
	dynamique		140	140	140	140	60	70	100	45	40	5	100	140
Vitesse linéaire maxi arbre V	à sec	m/s	0.13	2.5	2.5		1			1.5	1			2.5
	à la graisse							2.5	2.5	2.5				
	à l'huile				5	10			10	10		10	2.5	
Produit (pV) maxi	à sec, continu	N/mm²×m/s =W/mm²	1.05	1	1		1.6			1.4	1			1.8
	à sec, intermittent													3.5
	à la graisse							2.8	2.8	2.8				
	à l'huile				10	10				10		10	2.8	
Température maxi		°C	+160	+280	+280	+280	+250	+130	+250	+130	+140	+90	+140	+280
Température mini		°C	-195	-200	-200	-200	-60	-40	-150	-60	-40	-5	-40	-200
Coef de frottement f	à sec		0.05-03	0.14	0.04-0.25		0.11-0.18			0.15-0.3	0.15-0.3			
	à la graisse							0.06-0.12	0.08-0.012	0.05-0.1				
	à l'huile				0.02-0.08	0.01-0.05			0.03-0.08	0.03-0.08		0.08-0.12	0.09-0.15	0.02-0.25
Etat de surface arbre Ra		µm	0.15-0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.8	<0.4	<0.4	<0.4	0.2 à 0.8	<0.2	0.2 à 0.8	<0.4
			Composite tissé. A sec, sans entretien Support : enroulement filamentaire de fibres de verre avec imprégnation de résine époxyde. Couche de frottement : enroulement filamentaire de PTFE+polyamide	Matériau 3 couches. A sec sans entretien Support acier +couche bronze poreux+PTFE+fibres de verre+fibres aramides	Matériau 3 couches. A sec sans entretien ou lubrifié Support acier +couche bronze poreux+PTFE+CaF2+charges	Matériau 3 couches. A sec sans entretien ou lubrifié Support acier +couche bronze poreux+PTFE+polymère	Matériau avec support aluminium A sec sans entretien. Bonne capacité de déformation Support aluminium+PTFE+Pb +fibres de verre	Matériau 3 couches. Lubrification marginale, entretien réduit. Support acier +couche bronze poreux+résine acétal	Lubrification marginale, entretien réduit Support acier + couche bronze preux+PEEK+PTFE+charges	A sec ,sans entretien ou lubrifié Support acier+couche+résine acétal+charges	A sec ,sans entretien Polyamide+PTFE+fibres de verre+graphite (bague moulée par injection)	Sans entretien Bronze fritté imprégné d'huile	Lubrifié CuSn12	Support bronze+ couche bronze poreux+PTFE+Pb

