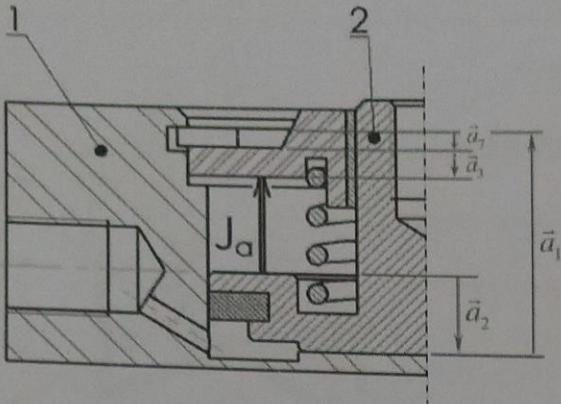
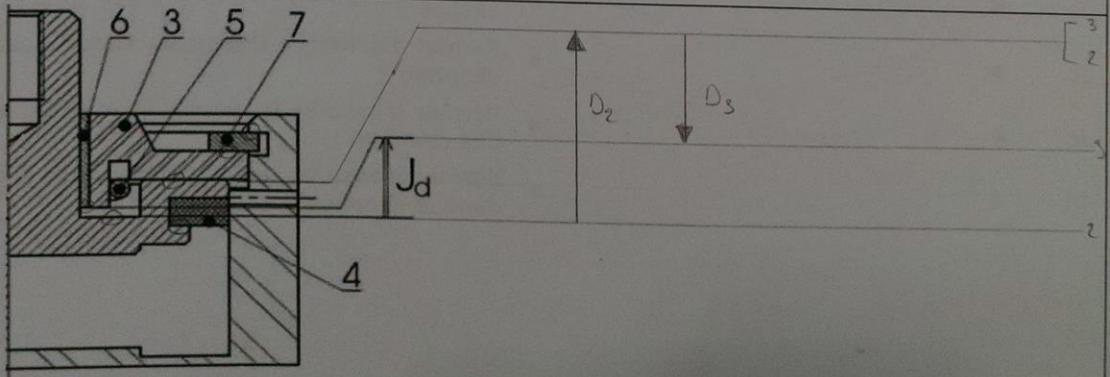
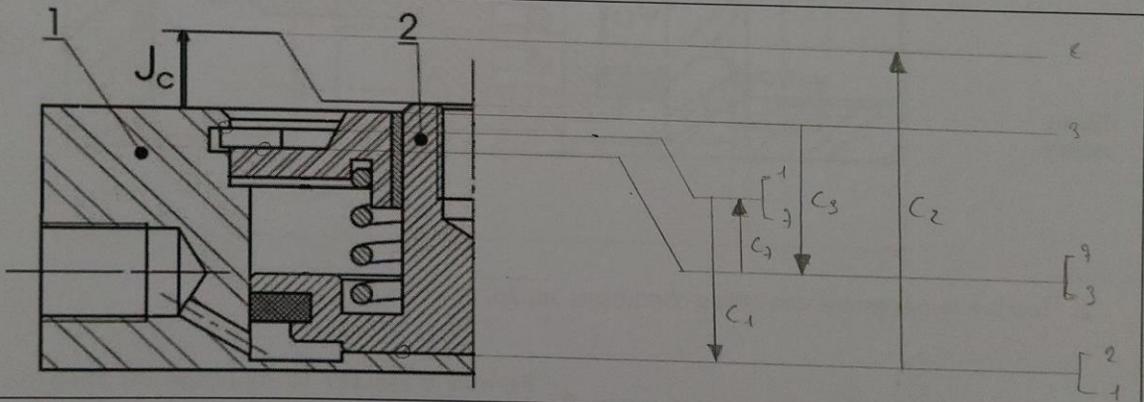
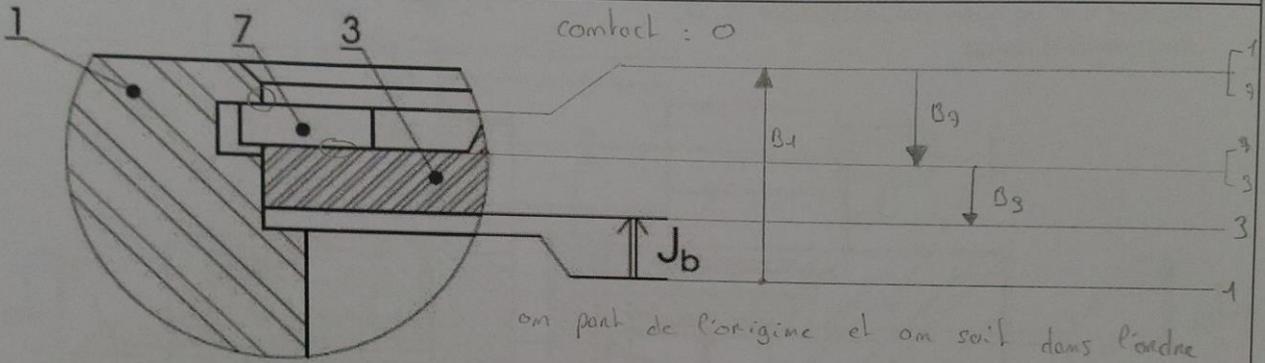


2. Tracer les chaînes de cotes liées à J_b , J_c et J_d
 3.

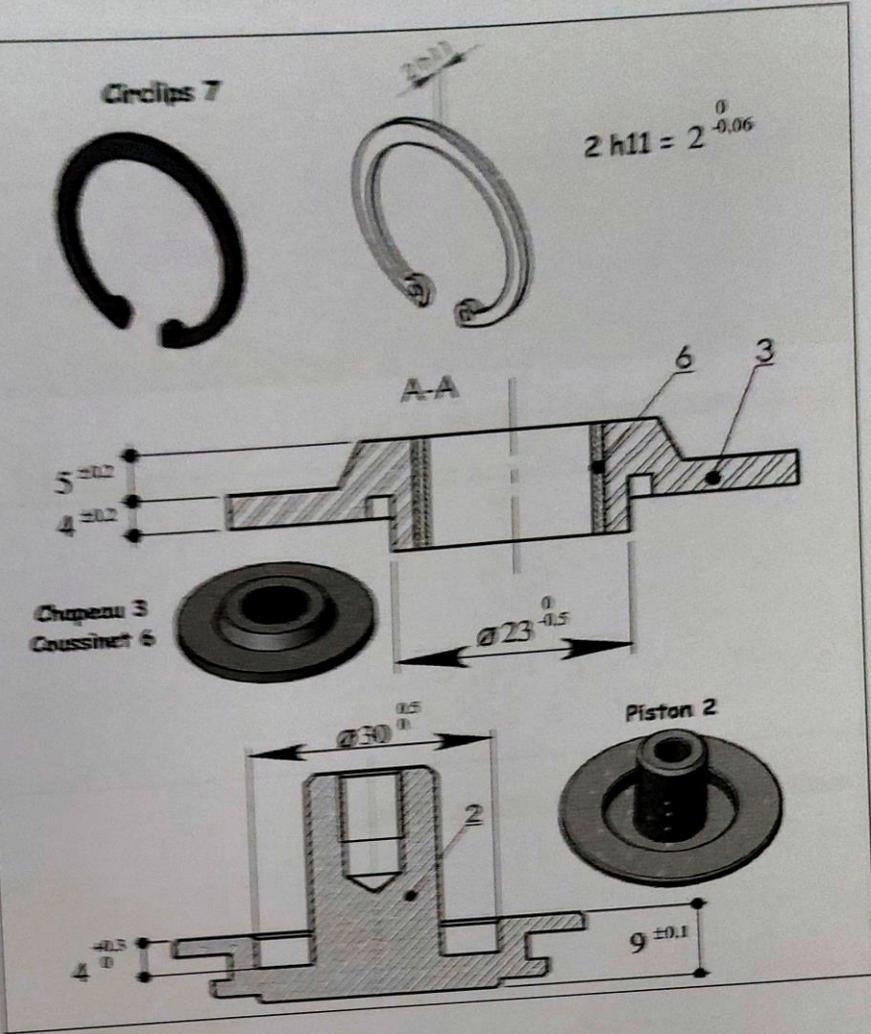


Exemple de chaîne de cotes pour J_a



- $J_a = 10^{+IT}_0 \text{ mm}$
- $J_b = 0,2^{+IT}_0 \text{ mm}$
- $J_c = 0,5^{+IT}_0 \text{ mm}$
- $J_d = 0,5^{+IT}_0 \text{ mm}$

- $IT_{a1} = 0,5 \text{ mm}$
- $IT_{b1} = 0,4 \text{ mm}$
- $IT_{c2} = 0,4 \text{ mm}$
- $IT_{d3} = 0,2 \text{ mm}$



4. Ecrire les équations algébriques donnant, $J_b, \max, J_b, \min, J_c, \max, J_c, \min, \dots$

$$J_a \max = a_1 \max - a_7 \min - a_3 \min - a_2 \min$$

$$J_a \min = a_1 \min - a_7 \max - a_3 \max - a_2 \max$$

$$J_b \max = + b_4 \max - b_9 \min - b_3 \min \quad (\text{tous les positifs sont max})$$

$$J_b \min = + b_4 \min - b_3 \max - b_9 \max \quad (\text{tous les positifs sont min})$$

$$J_c \max = + c_2 \max + c_9 \max - c_1 \min - c_3 \min$$

$$J_c \min = + c_2 \min + c_9 \min - c_1 \max - c_3 \max$$

$$J_d \max = + D_2 \max - D_3 \min$$

$$J_d \min = + D_2 \min - D_3 \max$$

5. En consultant le dossier technique page 9, calculer :

$a_{1min}, a_{1max}, J_{a1max}$ et en déduire l'IT de J_{a1}

$$a_{1min} = a_{7max} + a_{3max} + a_{2max} + J_{a1min} = 2 + 4,2 + 9,1 - 10 = 25,3 \text{ mm}$$

$$IT_{a1} = 0,5 \text{ mm} \rightarrow a_{1max} = 25,8 \text{ mm}$$

$$J_{a1max} = a_{1max} - a_{7min} - a_{3min} - a_{2min} = 25,8 - 1,74 - 3,8 - 8,9 = 11,16 \text{ mm}$$

$$IT_{J_{a1}} = 11,16 - 10 = 1,16 \text{ mm}$$

$b_{1min}, b_{1max}, J_{b1max}$ et en déduire l'IT de J_{b1}

$$\textcircled{1} b_{1min} = J_{b1min} + b_{9max} + b_{5max} = 0,2 + 2 + 4,7 = 6,9 \text{ mm (voir dossier technique)}$$

$$\textcircled{2} b_{1max} = b_{1min} + IT_{b1} = 6,8 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} J_{b1max} = b_{1max} - b_{9min} - b_{5min} = 6,8 - 1,94 - 3,8 = 1,06 \text{ mm}$$

$$\textcircled{4} IT_{b1} = 0,1 \text{ mm}$$

$c_{2min}, c_{2max}, J_{c2max}$ et en déduire l'IT de J_{c2}

$$\textcircled{1} c_{2min} = J_{c2min} + c_{4min} + c_{1max} - c_{3max} = 0,5 - 1,94 + 25,8 + 5,1 = 29,56 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} c_{2max} = c_{2min} + IT_{c2} = 29,56 + 0,4 = 29,96 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} J_{c2max} = c_{2max} + c_{9max} - c_{4min} - c_{3min} = 29,96 + 2 - 25,3 - 4,8 = 1,86 \text{ mm}$$

$$\textcircled{4} J_{c2} = 0,5 \text{ mm} + 1,86 \text{ mm} = 2,36 \text{ mm}$$

$$c_{2} = a_{1}$$

$d_{2min}, d_{2max}, J_{d2max}$ et en déduire l'IT de J_{d2}

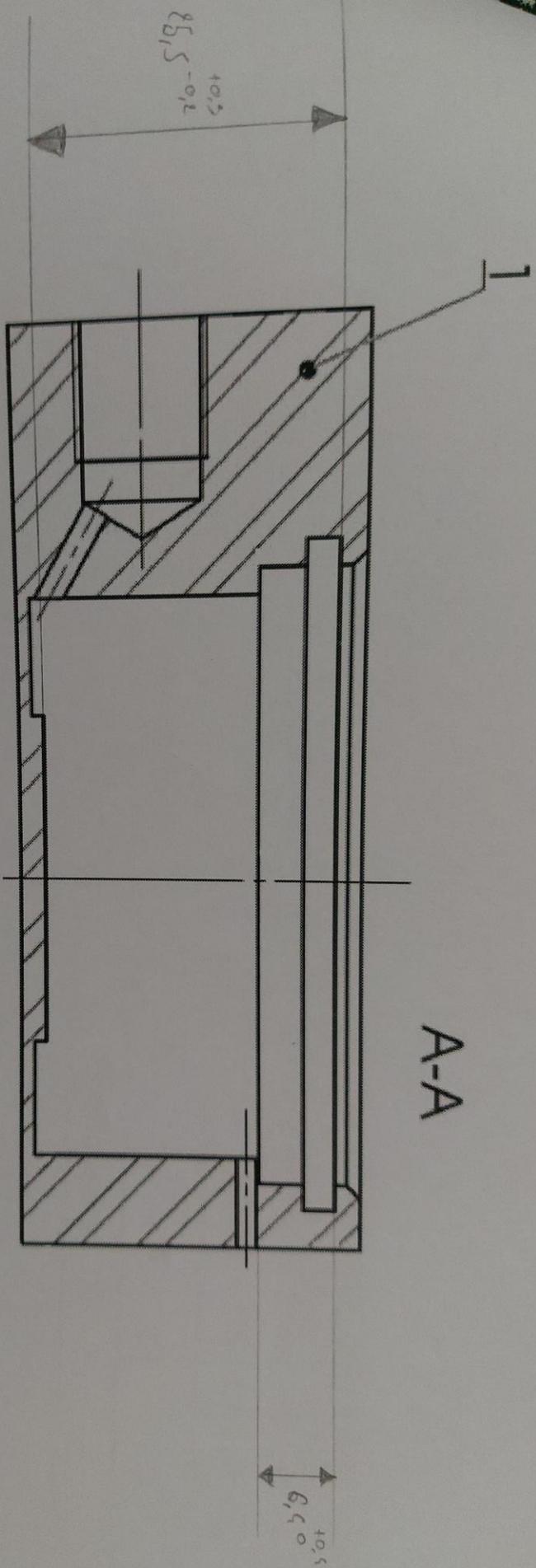
$$\textcircled{1} d_{2min} = d_{3max} - 0,2 = 3,3$$

$$\textcircled{2} d_{2max} = d_{4min} - 30 \text{ min} = 4,5 - 0,8 = 3,5 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} J_{d2max} = d_{2max} + d_{3min} = 3,5 - 3,3 = 0,2 \text{ mm}$$

$$\textcircled{4} IT_{d2} = 0,5 \text{ mm}$$

6. Sachant que la cote nominale la cote nominale a_1 est 25.5mm est celle de b_1 est de 6.4 mm,



ACTIVITE 1 – TRANSMISSION D'UN VELO

Nous allons étudier la transmission d'un vélo. Même si celle-ci n'est pas réalisée par des engrenages mais par des pignons/chaînes, elle reste néanmoins proche au niveau calcul (sauf pour le sens de rotation).

On part du principe que le cycliste fait tourner le pédalier à une fréquence de **1 tr/s**.

La roue a un diamètre de **70 cm**.



Compléter le tableau ci-dessous présentant toutes les configurations possibles. Il vous est demandé de calculer le rapport de transmission, la vitesse du vélo en km/h ainsi que le déplacement du vélo pour un tour de pédalier.

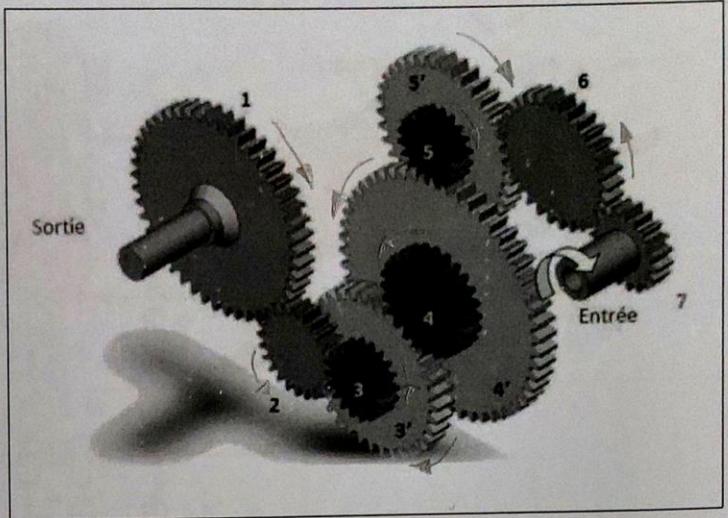
$$\frac{1 \text{ tr}}{s} = \frac{2\pi \text{ rad}}{s}$$

Nb de dents du plateau	Nb de dents des pignons	Rapport de transmission $r = \frac{Z_{\text{plateau}}}{Z_{\text{pignon}}}$	Vitesse du vélo en km/h $v = (\omega \cdot R) \times 3,6$	Déplacement du vélo pour 1 tour de pédalier dépl =
32	13	2,46	$2\pi \times 0,35 = (2,19 \times 3,6) = 7,88$	5,41
	15	2,13	16,89	4,69
	18	1,77	14,07	3,91
	21	1,52	12,06	3,35
	24	1,33	10,56	2,93
	26	1,23	9,79	2,91
	28	1,14	9,05	2,51
42	13			
	15			
	18			
	21			
	24			
	26			
	28			
52	13			
	15			
	18			
	21			
	24			
	26			
	28			

$$2\pi \times 0,35 (\dots / 2) \times R \times 0,036$$

ACTIVITE 2 – TRAIN D'ENGRENAGES

Un train d'engrenages, dans lequel toutes les roues dentées sont en mouvement de rotation d'axes parallèles par rapport au bâti, est représenté sur la figure ci-contre :



$$Z_1 = 65 \text{ dents}$$

$$Z_2 = 32 \text{ dents}$$

$$Z_3 = 24 \text{ dents}$$

$$Z_{3'} = 48 \text{ dents}$$

$$Z_4 = 38 \text{ dents}$$

$$Z_{4'} = 82 \text{ dents}$$

$$Z_5 = 26 \text{ dents}$$

$$Z_{5'} = 54 \text{ dents}$$

$$Z_6 = 42 \text{ dents}$$

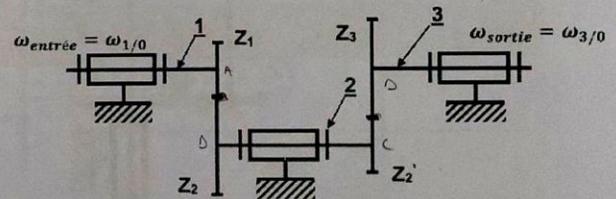
$$Z_7 = 30 \text{ dents}$$

1. Indiquer à l'aide de flèches le sens de rotation de chacune des roues dentées.
2. Ecrire l'expression du rapport de transmission de ce train d'engrenage. Valider le sens de rotation de l'arbre de sortie trouvé à la question 1. $R = (-1)^6 = +1$
3. Faire l'application numérique. En déduire s'il s'agit d'un réducteur ou multiplicateur de vitesse.

$$R = \frac{\omega_s}{\omega_e} = 1 \times \frac{Z_2 \times Z_4 \times Z_6 \times Z_8 \times Z_{10} \times Z_{12}}{Z_1 \times Z_3 \times Z_5 \times Z_7 \times Z_9 \times Z_{11}} = 0,051 \rightarrow \frac{1}{0,051} \approx 19,4 \text{ rapport de transmission}$$

(impair/éven = 1 donc c'est un réducteur)

ACTIVITE 3 – REDUCTEUR A DEUX ETAGES



$$Z_1 = 25 \text{ dents} ; Z_2 = 49 \text{ dents} ; Z_2' = 18 \text{ dents}$$

Schéma cinématique associé

1. On considère que le module est identique sur toutes les roues dentées. De plus, l'arbre d'entrée est colinéaire à l'arbre de sortie. Trouver une solution afin de déterminer le nombre de dents de la roue 3. $a = m \times (Z_1 + Z_2) = m \times (Z_2' + Z_3) \Rightarrow (25 + Z_2 = Z_2' + Z_3) \Rightarrow Z_3 = 25 + Z_2 - Z_2' = 25 + 49 - 18 = 56 \text{ dents}$
2. Ecrire l'expression du rapport de transmission de ce réducteur. $R = \frac{\omega_s}{\omega_e} = 1 \times \frac{Z_1 \times Z_2'}{Z_2 \times Z_3} = \frac{25 \times 18}{49 \times 56} = 0,16$
3. Faire l'application numérique.
4. Calculer la fréquence de rotation en sortie si le moteur tourne à 1000 tr/min.

$$R = \frac{N_s}{N_e} = 0,164 \rightarrow N_s = 0,164 \times N_e = 1000 \times 0,164 = 164 \text{ tr/min}$$

ACTIVITE 1 - ETUDE D'UN GUIDAGE PAR COUSSINETS

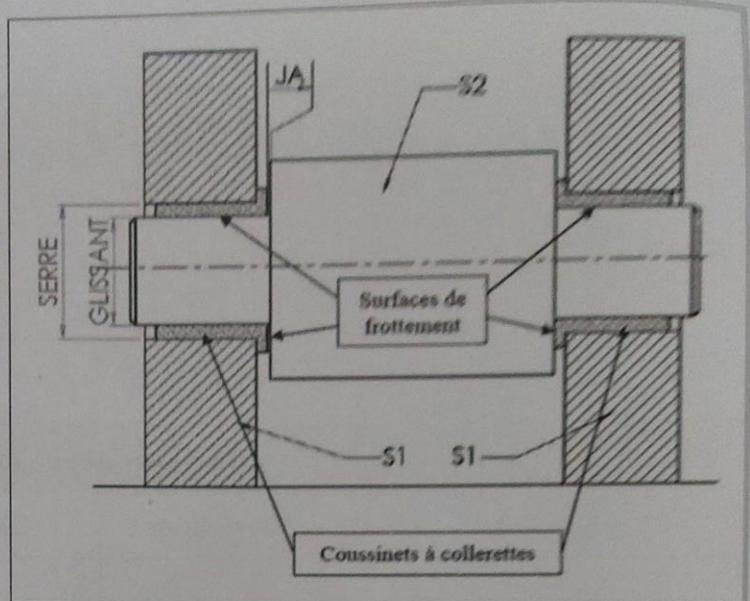
Nous allons étudier le guidage d'un galet S2 par rapport au bâti S1.

Le guidage est réalisé par 2 coussinets à collerettes.

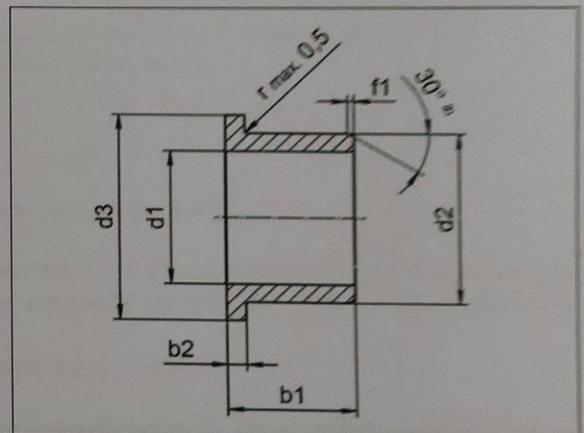
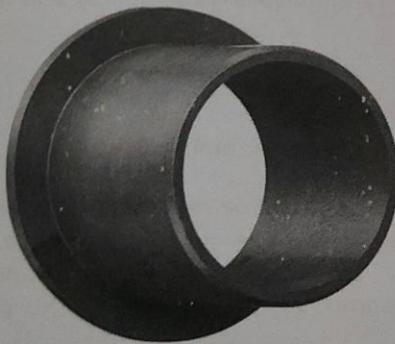
Un jeu JA entre le coussinet et le galet S2 est présent afin de garantir le montage. On considère que le bâti S1 est démontable, ceci permettant le montage du galet.

Un effort radial, appliqué au niveau du plan de symétrie de S2 est présent.

Un effort axial, qui garanti le contact entre S2 et le coussinet de droite est présent.



Coussinet IGUS - Iglidur G



Cotes

Ø d1	12,0 mm
Diamètre extérieur d2	14,0 mm
Diamètre de collerette d3	20,0 mm
Longueur du palier b1	10,00 mm
Epaisseur de collerette b2	1,00 mm
Longueur du chanfrein (f)	0,5 mm

Propriétés mécaniques

Module d'élasticité transversale	7.800 MPa, méthode de vérification DIN 53457
Résistance à la flexion à 20°C/68°F	210 MPa, méthode de vérification DIN 53452
Résistance à la compression	1 151 MPa
Dureté Shore D	81, méthode de vérification DIN 53505
Pression de surface statique admissible à +20 °C/68°F	80 MPa
Vitesse maximale de glissement, en rotation, en continu	1,0 m/s
Vitesse maximale de glissement, en rotation, à courte durée	2,0 m/s
Vitesse maximale de glissement, en oscillation, en continu	0,7 m/s
Vitesse maximale de glissement, en oscillation, à courte durée	1,4 m/s
Vitesse maximale de glissement, en translation, en continu	4,0 m/s
Vitesse maximale de glissement, en translation, à courte durée	5,0 m/s

Caractéristiques techniques du montage :

- Fréquence de rotation de S2 : **N = 1200 tr/min**
- Effort radial généré sur le guidage : **Fr = 600 N**
- Effort axial généré sur le guidage : **Fa = 100 N**
- Température de fonctionnement : **T = 20°C**

1. En vous aidant des informations ci-dessous, déterminer la puissance perdue par frottement dans les cas limites du coefficient de frottement dynamique.

Frottement sur la surface cylindrique

Application :
Couple = F · d

$$C_{frot} = f \cdot F_{radial} \cdot R$$

$$C_{frot} = 0,08 \times 600 \times 6,10 = 295,2 \text{ Nm}$$

$$C_{frot} = 92,88 \text{ Nm} \quad P = C_{frot} \cdot \omega = 954 \text{ W}$$

Frottement sur l'épaule

translation $P = F \times v$
 $w \text{ N} \quad m/s$
 rotation $P = C \times \omega$
 $w \text{ Nm} \quad rad/s$

En cas d'utilisation de coussinets à collerettes, il faut ajouter le couple de frottement de l'arbre contre l'épaule

$$C_{frot} = \frac{2}{3} \cdot f \cdot F_{axial} \cdot \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)}$$

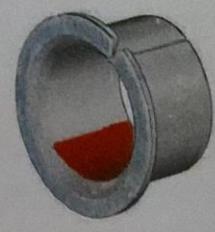
$$C_{frot} = \frac{2}{3} \times 0,08 \times 100 \times \frac{(6 \cdot 10^{-3})^3 - (1,6 \cdot 10^{-3})^3}{((6 \cdot 10^{-3})^2 - (1,6 \cdot 10^{-3})^2)} = 0,122 \text{ Nm}$$

Pour $f = 0,08 \rightarrow P = (92,88 + 0,065) \times \left(\frac{1200 \times \frac{\pi}{30}}{60}\right)$
 $P = 44,61 \text{ W}$

Pour $f = 0,15 \rightarrow P = (0,54 + 0,122) \times \left(\frac{1200 \times \frac{\pi}{30}}{60}\right)$
 $P = 83,189 \text{ W}$

 devoir

2. Vérifier que le guidage entre S2 et les coussinets est bien glissant.
3. Colorier en ROUGE la surface affectée par l'effort radial.
Calculer la pression diamétrale maximale.
Ce critère est-il validé ?
4. Colorier en BLEU la surface affectée par l'effort axial.
Calculer la pression axiale maximale sur la collerette.
Ce critère est-il validé ?
5. Calculer la vitesse de glissement.
Ce critère est-il validé en fonction de l'utilisation ?



Utilisation	Validation	
	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>
En rotation, en continu (1 m/s) $\rangle 0,95$ donc \checkmark	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>
En rotation, à courte durée (2 m/s) $\rangle 0,35$ donc \checkmark	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>

6. Vérifier la \bar{p} facteur p.V
Ce critère est-il validé ?
7. Si l'on souhaite conserver l'effort radial, quelle doit être la fréquence de rotation maxi autorisée.
Si l'on souhaite conserver la fréquence de rotation, quel doit être l'effort radial maxi autorisé.

ACTIVITE 2 – GUIDAGE D'UNE ROUE DE CHARIOT

Le dessin ci-dessous représente une roue de chariot qui circule sur un rail incurvé.

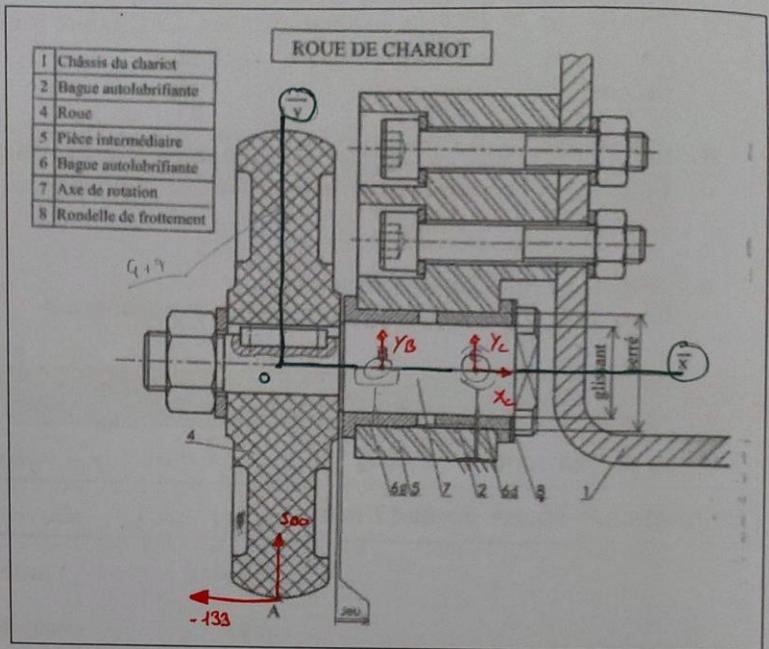
On admet que l'action transmise du rail sur la roue 4 est définie au point A par le torseur d'action mécanique suivant :

$$\{T_{\text{rail}/4}\}_A = \begin{Bmatrix} -133 \text{ N} & 0 \\ 500 \text{ N} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$$

$\begin{matrix} N & N_m \end{matrix}$

On donne les coordonnées suivantes :

$$\vec{OA} : \begin{pmatrix} 0 \\ -64 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{OB} : \begin{pmatrix} 26 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{OC} : \begin{pmatrix} 52 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$



Compte tenu des actions mécaniques du rail sur la roue, on admettra que le guidage est obtenu par l'association d'une liaison sphère-cylindre en B et d'une liaison rotule en C.

1. Isoler 4+Z et déterminer les efforts dans chacun des paliers en B et C.
2. Sachant que le chariot se déplace à une vitesse moyenne de 4 m/s , que le diamètre de l'axe de rotation Z vaut 26 mm et que les paliers ont une longueur de 20 mm , vérifier les critères de pression, vitesse et le facteur p.v.
Choisir un ou plusieurs paliers compatibles avec notre application.

Palier lisse en métal-Polymère (PTFE)	Palier en bronze fritté autolubrifiant	Palier Polymère haute résistance
Pression admissible : 140 MPa	Pression admissible : 100 MPa	Pression admissible : 150 MPa
Vitesse circonférentielle : 2,5 m/s	Vitesse circonférentielle : 6 m/s	Vitesse circonférentielle : 1,5 m/s
Facteur p.V : 0,8 MPa.m/s	Facteur p.V : 18 m/s	Facteur p.V : 1,32 m/s

TDS

2. Vérifier que c'est glissant.

$$J_{max} = 12,102 - 12 = 0,102$$

$$J_{min} = 12,032 - 12 = 0,032$$

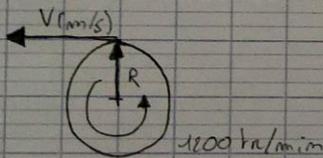
$$\left. \begin{array}{l} J_{max} = 12,102 - 12 = 0,102 \\ J_{min} = 12,032 - 12 = 0,032 \end{array} \right\} \text{résultat positif donc SEU}$$

$$3. p = \frac{F}{2 \times \underbrace{\varnothing D}_{(12 \times 10)} \times L} = \frac{600}{2 \times 12 \times 10} = \frac{600}{240} = 2,5 \text{ MPa} < \text{Admissible } 80 \text{ MPa}$$



$$4. p = \frac{F}{2 \times \pi (R^2 - r^2)} = \frac{600}{\pi (10^2 - 6^2)} = 0,5 \text{ MPa} < \text{Admissible } (80 \text{ MPa})$$

$$5. V = \omega \cdot R \quad N = 200 \text{ tr/min}$$



$$V = 1200 \times \frac{\pi}{30} \times 6 \cdot 10^{-3} = 0,95 \text{ m/s}$$

$$6. p \cdot V = 2,5 \times 0,95 = 1,9 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

(on prend le plus élevé)

Ensuite on va chercher dans mes docs le facteur $p \times v$ max (à sec)
- il est de 0,42 MPa.m/s donc $< 1,9$
Les conditions ne sont pas respectées

$$7. \quad p.v = 0,42$$

$$0,42 = 2,5 \times v$$

$$v = \frac{0,42}{2,5} = 0,168$$

$$0,168 = N \times \frac{\pi}{30} \times 6 \cdot 10^3$$

$$N = \frac{0,168}{\frac{\pi}{30} \times 6 \cdot 10^3} = 269,38 \text{ tr/min}$$

$$\frac{1,9}{0,42} = 4,52$$

$$N = \frac{1200}{4,52} = 265 \text{ tr/min}$$

$$F_a = \frac{600}{4,52} = 132,7 \text{ N}$$

Activité 2 :

1) PFS

$$\Sigma F_{ext} = 0$$

$$X_B + X_C + X_C$$

 \vec{x}

$$-133 + X_C = 0 \quad (1)$$

$$-O_A + Y_B + Y_C$$

 \vec{y}

$$Y_B + Y_C + 500 = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma \vec{M}_C = \vec{0}$$

 \vec{z}

$$-Y_B \times 26 - 500 \times 52 - 133 \times 64 = 0 \quad (3)$$

$$-Y_B = \frac{26 \cdot 10^3 + 8512}{26} = -1327 \text{ N}$$

$$(1) \quad X_C = 133 \text{ N}$$

$$(1) \quad X_C = 133 \text{ N}$$

$$Y_C \times 26 - 500 \times 26 - 133 \times 64 = 0$$

$$(2) \quad Y_B + Y_C + 500 = 0 \rightarrow -1327 + Y_C + 500 = 0 \rightarrow Y_C = 1327 - 500$$

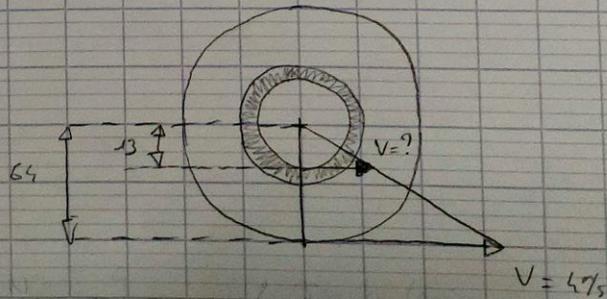
$$(3) \quad Y_B = -1327 \text{ N}$$

$$= 827 \text{ N}$$

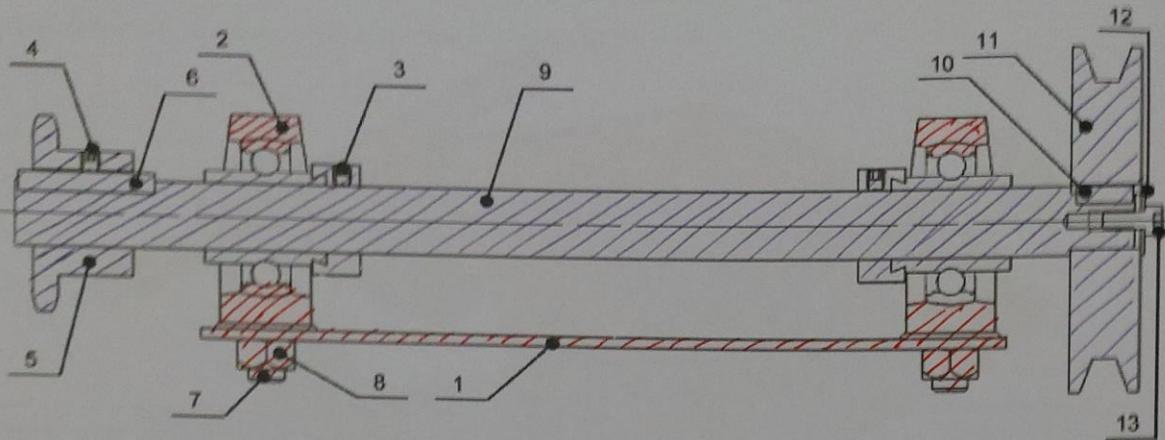
$$2) \quad p = \frac{1327}{26 \times 80} = 2,55$$

$$p.v = 2,55 \times 0,81$$

$$= 2,06$$



2. Colorier en ROUGE la partie fixe et en BLEU la partie mobile.

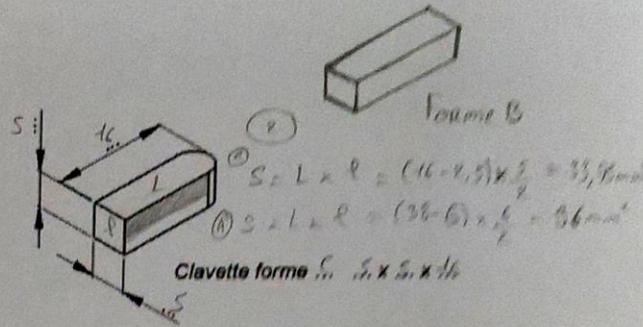
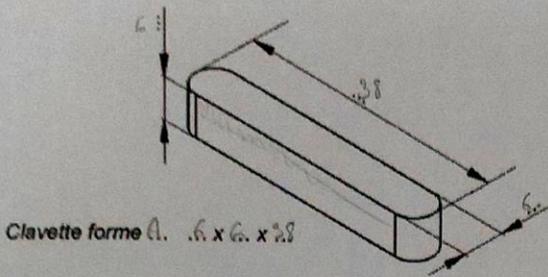


3. Compléter le FAST simplifié de la fonction « Actionner le convoyeur »

FP	Actionner le convoyeur	solutions technologiques
FT1	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	moteur
FT2	Réduire la vitesse et augmenter le couple.	réducteur
FT3	Adapter la vitesse et transmettre le mouvement à l'axe 9.	Système poulies/courroie
FT4	Réaliser une liaison complète entre la poulie 11 et l'axe 9	
FT41	Bloquer en rotation la poulie par rapport à l'axe	\perp
FT42	Bloquer en translation la poulie par rapport à l'axe	Epaulement sur arbre + \perp + \perp
FT5	Réaliser une liaison pivot entre l'axe et la structure.	
FT51	Guider en rotation l'axe.	Paliers 2
FT52	Bloquer en translation l'axe.	\perp
FT53	Réaliser une liaison complète entre les paliers et la structure.	\perp + \perp
FT6	Réaliser une liaison complète entre le pignon 5 et l'axe 9	
FT61	Bloquer en rotation le pignon par rapport à l'axe	\perp
FT62	Bloquer en translation et régler la position du pignon	\perp
FT7	Transmettre le mouvement aux rouleaux	Système pignon/chaînes

4. Déterminer les cotes d'encombrement des clavettes 6 et 10.
Colorier la zone qui va être soumise au matage sur chaque clavette.

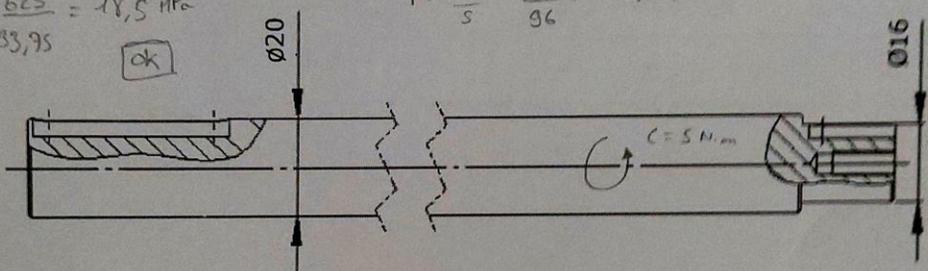
continu



5. Vérifier les conditions de matage pour les deux clavettes sachant que le couple à transmettre est de 5 N.m. On se trouve dans le cas de fonctionnement en continu sans choc.

③ $P = \frac{F \cdot v}{S_{\text{matage}}} = \frac{625}{33,95} = 18,5 \text{ MPa}$ OK

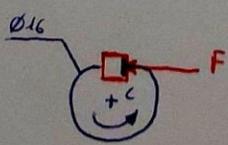
① $P = \frac{C}{S} = \frac{500}{96} = 5,21 \text{ MPa}$



Pression de matage pour les clavettes parallèles

Condition de fonctionnement	Pression (MPa)
Assemblage fixe	
- Sans choc	45 à 115
- Avec choc	30 à 55
Déplacement sous charge	
- Sans choc	3 à 8
- Avec choc	4 à 15

① $C = F \times d \rightarrow F = \frac{C}{d} = \frac{5}{8 \cdot 10^{-3}} = 625 \text{ N}$



② $C = F \times d \rightarrow F = \frac{C}{d} = \frac{5}{20 \cdot 10^{-3}} = 250 \text{ N}$

↑
Rayon