

# CONCEPTION MECANIQUE

## CAHIER D'EXERCICES

Ces exercices sont à votre disposition et vous permettront de faire le point de vos connaissances sur les thèmes suivants :

- Théorie des mécanismes (isostatisme).
- Chaîne de puissance.
- Réducteurs.
- Guidage en rotation.
- Assemblage et Ordre de montage.



# EXERCICES

## EXERCICES SUR LA THEORIE DES MECANISMES

---

### EXERCICE 1

Les chasses d'eau des WC classiques comportent un petit système mécanique muni d'un levier, qui une fois actionné, libère la quantité d'eau stockée dans le réservoir.

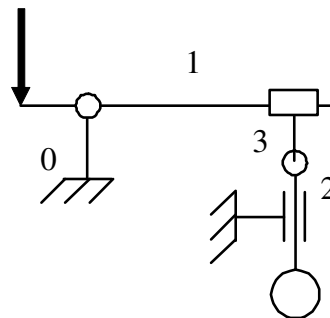


Figure 1 : Schéma cinématique d'une chasse d'eau

- 0 : Corps du réservoir,
- 1 : Levier,
- 2 : Cloche.
- 3 : Transmetteur

- 1- Citer les types de liaison qui lient les différentes parties du système (figure 1) entre elles.
- 2- Indiquer le nombre de degré de liberté de chacune des liaisons et en déduire le nombre d'inconnues qui y correspondent.
- 3- Calculer le degré d'hyperstaticité du système tout en définissant, si elles existent, les mobilités internes et utiles du système. Si vous trouvez que le système n'est pas isostatique, proposer la modification nécessaire au bon fonctionnement.
- 4- Reprendre les questions 1 à 3 avec le mécanisme suivant (figure 2)

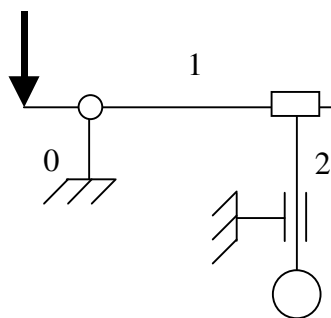


Figure 2 : Autre schéma cinématique d'une chasse d'eau

## EXERCICE 2

Les machines à coudre traditionnelles utilisaient un système bielle manivelle glisseur pour transformer la rotation du moteur en un mouvement de va et vient linéaire. La figure 1 représente le schéma cinématique de ce système.

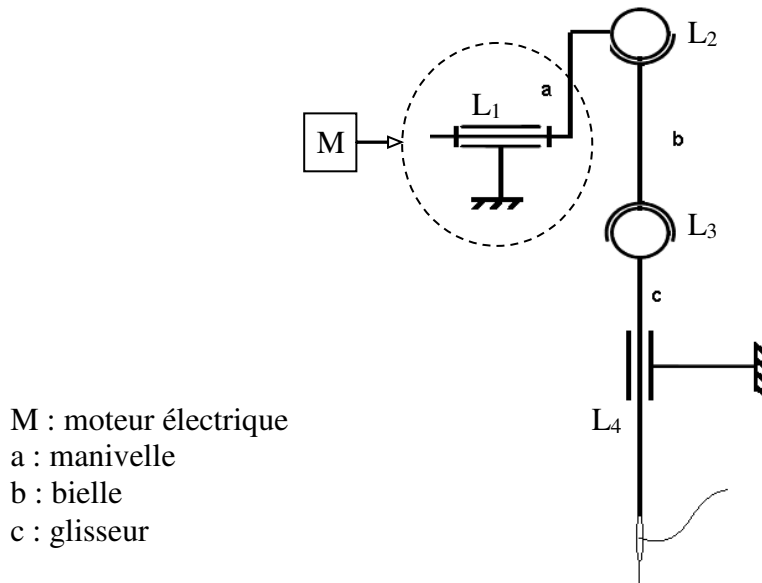


Figure 3 : Schéma cinématique d'une machine à coudre

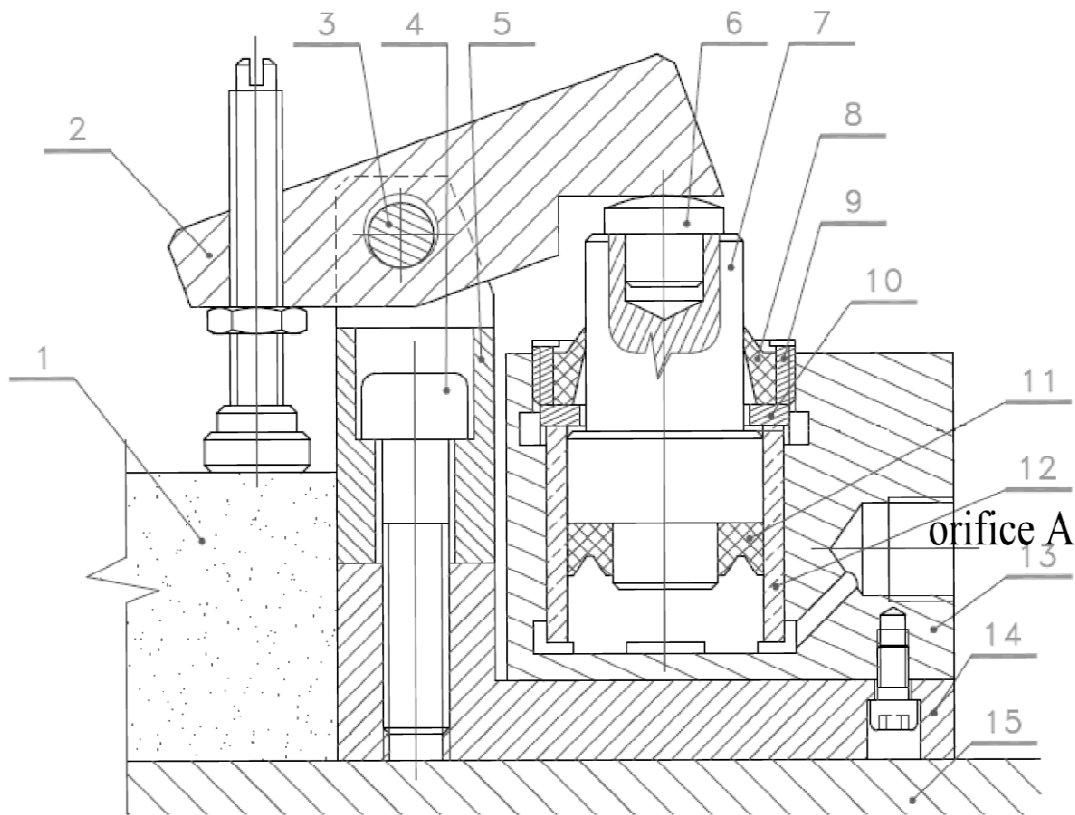
- 1- Citer les types de liaison qui lient les différentes parties du système (figure 1) entre elles et au bâti.
- 2- Indiquer le nombre de degré de liberté de chacune des liaisons et en déduire le nombre d'inconnues qui y correspondent.
- 3- Calculer le degré d'hyperstaticité du système tout en définissant, si elles existent, les mobilités internes et utiles du système

En réalité, le glisseur « c » est de section carrée pour éviter l'enroulement du fil autour de l'aiguille, ce qui implique de changer la liaison  $L_4$ .

- 4- Quelle doit être le type de liaison  $L_4$  afin de satisfaire cette nouvelle fonction ?
- 5- Quel est le nouveau degré d'hyperstaticité ?

### EXERCICE 3

Le dessin de définition, donné ci-dessous correspond à une bride hydraulique. En mettant sous pression la chambre dont l'orifice d'entrée est noté « A », le mécanisme vient bloquer la pièce 1 à l'aide du principe de frottement de coulomb.



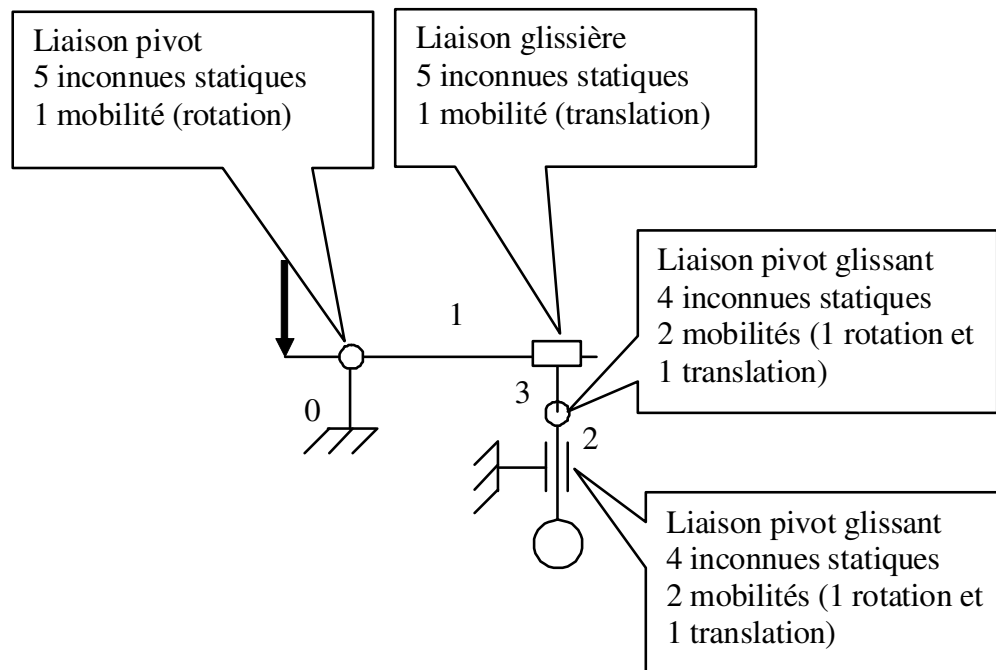
#### Nomenclature

<b>1</b>	<b>Pièce à serrer</b>
<b>2</b>	<b>Pivot</b>
<b>3</b>	<b>Axe du pivot</b>
<b>4</b>	<b>Vis de fixation</b>
<b>5</b>	<b>Socle supérieur</b>
<b>6</b>	<b>Tête de poussée du piston</b>
<b>7</b>	<b>Piston</b>
<b>8</b>	<b>Joint à lèvre</b>
<b>9</b>	<b>Bague fileté</b>
<b>10</b>	<b>Rondelle</b>
<b>11</b>	<b>Joint à lèvre</b>
<b>12</b>	<b>Chemise du piston</b>
<b>13</b>	<b>Bâti de la partie hydraulique</b>
<b>14</b>	<b>Socle inférieur</b>
<b>15</b>	<b>Bâti de la machine</b>

- 1- Faire un graphe de liaisons du mécanisme
- 2- Dessiner le schéma cinématique minimal de l'ensemble
- 3- Calculer le degré d'hyperstatisme du mécanisme. (pour la liaison entre la pièce 1 et le système on ne prendra en compte qu'une ponctuelle entre 1 et 2).

## Éléments de corrigé exercice 1

1-2-



3-

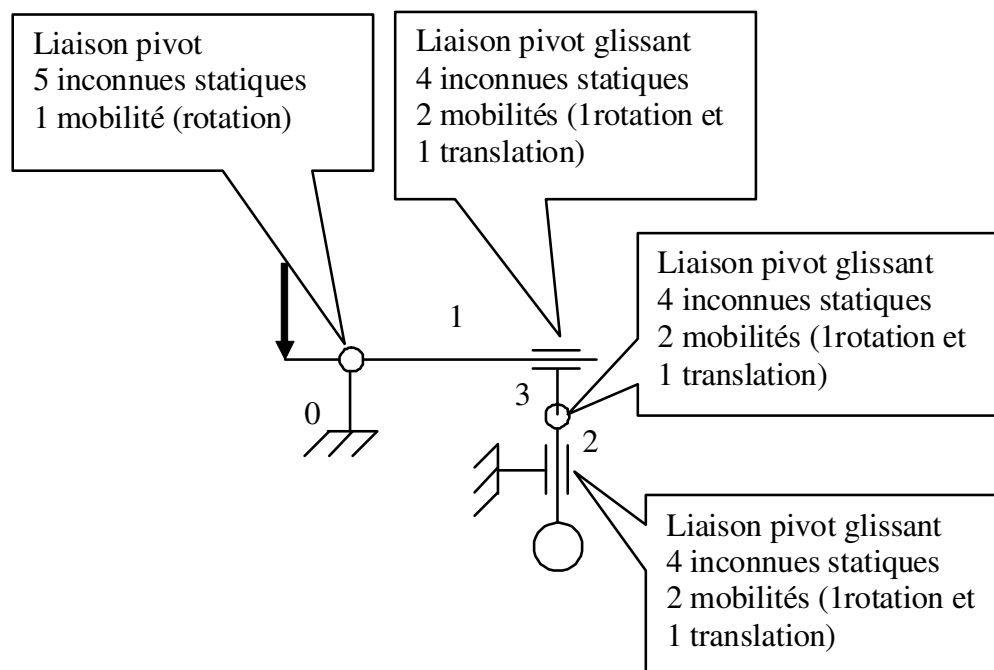
Il y a 3 pièces (ou groupes de pièces) en mouvement donc  $3 \cdot 6 = 18$  mobilités potentielles

Les liaisons amènent  $5+5+4+4=18$  inconnues (blocage des mobilités)

L'analyse intuitive donne 1 mobilité utile.

$H = 18 + 1 - 18 = 1$ . Il y a 1 blocage en trop, le système est hyperstatique de degré 1.

On va libérer une mobilité en rotation au niveau de la glissière en la remplaçant par une liaison pivot glissant.



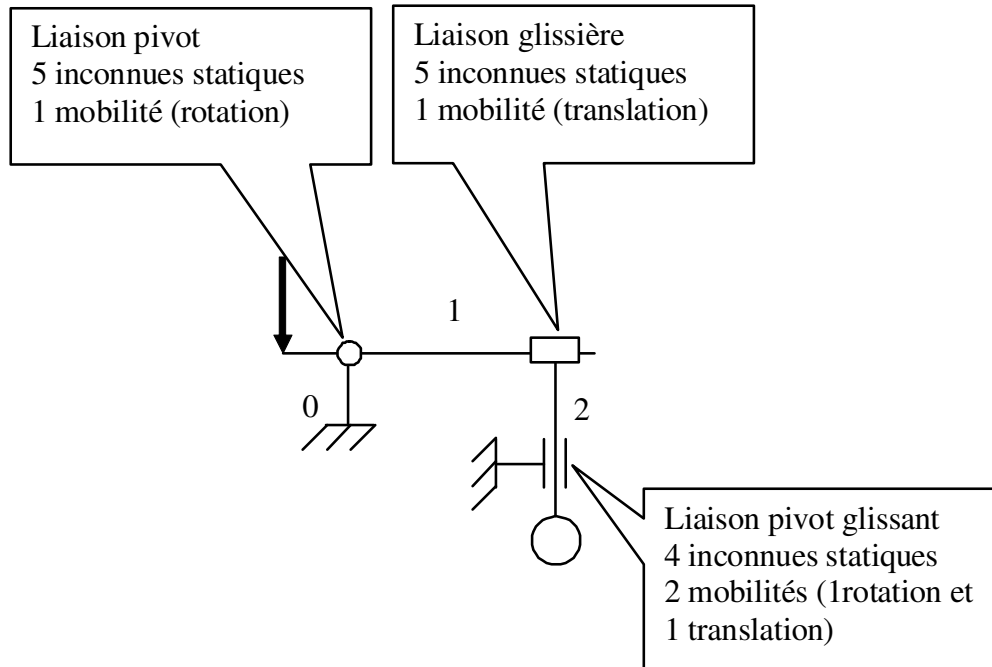
Il y a 3 pièces (ou groupes de pièces) en mouvement donc  $3 \cdot 6 = 18$  mobilités potentielles

Les liaisons amènent  $5+4+4+4=17$  inconnues (blocage des mobilités)

L'analyse intuitive donne 1 mobilité utile.

$H = 17 + 1 - 18 = 0$ . Ca y est, le système est isostatique.

4- avec schéma figure 2



Il y a 2 pièces (ou groupes de pièces) en mouvement donc  $2*6 = 12$  mobilités potentielles

Les liaisons amènent  $5+5+4=14$  inconnues (blocage des mobilités)

En réalité, le système présenté n'a aucune mobilité, la chasse est bloquée, la mobilité souhaitée n'est pas obtenue.

$H = 14 - 2*6 = 2$ . Le montage « fixe » ainsi obtenu est hyperstatique de degré 2.

On souhaite avoir 1 mobilité « utile » (souhaitée) et aucune mobilité interne dans ce contexte on aurait :

$H = 14 + 1 - 2*6 = 3$ . Il y a 3 blocages en trop, le système serait hyperstatique de degré 3.

Il faut donc libérer trois mobilités pour obtenir un système isostatique ayant la mobilité souhaitée.

### Éléments de corrigé exercice 2

- 1- (L1) : pivot, (L2) et (L3) : rotules, (L4) : pivot glissant
- 2- 1 ; 3 ; 3 ; 2 → 15 inconnues
- 3- 1 mobilité utile, 2 mobilités internes →  $h = 0$
- 4- (L4) : glissière
- 5-  $h=0$

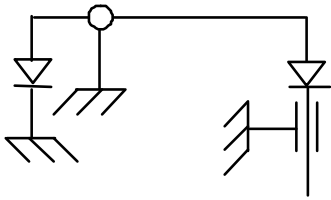
### Éléments de corrigé exercice 3

Ponctuelle entre 1 et 2

Ponctuelle entre 2 et 6.7

Pivot entre bâti et 2

Pivot glissant entre bâti et 6.7



2 pièces (hors bâti) ; 1 mobilité interne ;  $\Rightarrow H = 4+5+1+1 - 6*2 + 1 = 0$

Blocage isostatique



## EXERCICES SUR LA CHAÎNE DE PUISSANCE

---

### EXERCICE 1

Un tapis roulant horizontal (4) est entraîné par un rouleau (3) de diamètre 20cm à une vitesse d'environ 2.5cm/s. L'entraînement induit 20% de perte de puissance entre le rouleau et le tapis.

Ce rouleau est entraîné par un réducteur (composé de 2 poulies et d'une courroie) (2), suivi d'un premier réducteur (composé d'engrenages) (1). Le réducteur (1) est entraîné par un moteur électrique (0).

En régime établi les éléments disposés sur le tapis de la chaîne opposent une résistance de 1 kN au mouvement du tapis. Lors du redémarrage de la chaîne de production, les éléments disposés sur le tapis de la chaîne opposent une résistance de 2 kN au mouvement du tapis.

1. Faire le schéma de l'ensemble décrit ci-dessus.
2. Déterminer la chaîne de puissance du système décrit et calculer en tout point ses valeurs caractéristiques : puissance, vitesse, et effort.
3. A l'aide d'un plan de puissance, déterminer si le moteur choisi est adéquat avec les efforts nécessaires au niveau du tapis. Vous identifierez les différents points de fonctionnement.

#### Caractéristiques des éléments constitutifs de la chaîne de puissance :

- Réducteur (2) (Poulies) :  $\eta = 0,9$ ,  $r = 1/16$
- Réducteur (1) (engrenages):  $\eta = 0,95$ ,  $r = 1/250$
- Moteur :
  - En fonctionnement :  $\omega = 10000\text{tr}/\text{min}$ ,  $P = 30\text{W}$
  - Au démarrage  $C = 1\text{Nm}$
  - A vide  $\omega = 10000\text{tr}/\text{min}$

## EXERCICE 2

Une machine à pizza automatique a besoin d'un broyeur intégré afin de diminuer la taille des déchets et ainsi minimiser les opérations d'entretien de la machine.

La solution retenue est de broyer les déchets entre 2 rouleaux (de 10 cm de diamètre) développant chacun une puissance de 500W maximum à une vitesse minimale de 10 tr/min (cf. fig.1).

Sachant qu'entre les rouleaux l'engrenage a un rapport de transmission de 1 et un rendement de 0.98 ; sachant que les engrenages composés des roues dentées (2) et (3) ainsi que (4) et (5) présentent chacun un rapport de transmission de 1/6 et un rendement de 0.98.

La conception du broyeur est telle qu'il est possible que des restes de déchets d'un précédent broyage restent coincés entre les rouleaux. Il a alors été déterminé qu'un supplément de couple de 30% par rapport au couple nominal en régime établi était nécessaire au démarrage du broyeur.

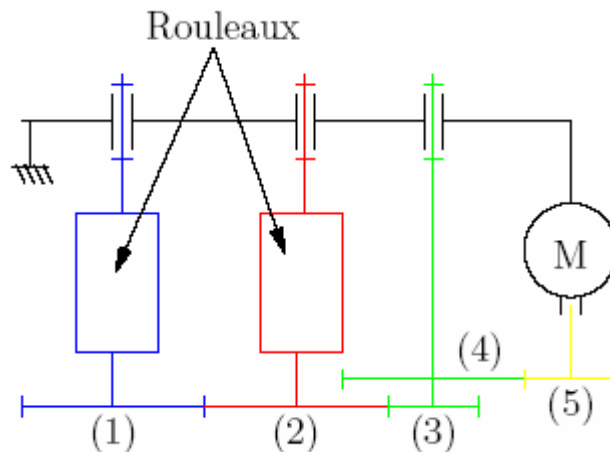


Figure 1 : Représentation cinématique du broyeur de déchets.

1. Tracer la chaîne de puissance du système décrit et déterminer en tout point ses valeurs caractéristiques : puissance, vitesse, couple.
2. Réaliser le plan de puissance du broyeur au niveau du moteur de celui-ci et tracer la caractéristique moteur minimale requise pour faire fonctionner le broyeur.
3. Il est envisagé par l'utilisateur du broyeur de l'utiliser pour réduire un nouveau type de déchets. Ceux-ci sont plus résistants et impliquent une augmentation du couple développé au niveau de chaque rouleau de  $5N\cdot m$ . Au vu des conditions d'utilisation du broyeur, l'utilisateur accepte que la vitesse du broyeur soit diminuée à  $8tr/min$  lors du broyage de ce type de déchets. Faut-il envisager de reconcevoir le broyeur, ou les performances du moteur choisi à la question 2 sont-elles suffisantes pour remplir cette nouvelle fonction ?

### Éléments de corrigé exercice 1

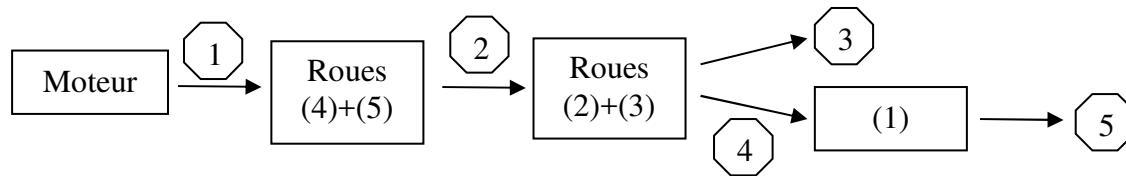
Vitesse nominale requise pour le moteur : 9549tr/min

Puissance nominale requise pour le moteur : 36.5W

Couple nominal requis pour le moteur : 0.037Nm

### Éléments de corrigé exercice 2

1.



	1	2	3	4	5
Puissance (W)	1050	1030	500 (donnée)	510	500 (donnée)
Fréquence de rotation (tr/min)	360	60	10 (donnée)	10	10 (donnée)
Couple (Nm)	27.9	164	477	487	477

2. Plan de puissance du moteur

Régime nominal :  $C = 27.9\text{Nm}$  ;  $N=360$  tr/min

Couple démarrage :  $C=1.3*27.9=36.3\text{Nm}$  ;  $N=0$

A vide : aucune spécification

3. Adaptation du broyeur

	1	2	3	4	5
Puissance (W)	850	833	404	412	404
Fréquence de rotation (tr/min)	288	48	8 (donnée)	8	8 (donnée)
Couple (Nm)	28.2	166	$477+5(\text{donnée})$	492	$477+5(\text{donnée})$

Couple démarrage :  $C= 36.7$  Nm

Conclusion : la très légère augmentation du couple s'accompagne d'une acceptation d'une diminution de vitesse qui conduit à une puissance globale nécessaire plus faible que dans la configuration d'origine. De plus, le couple de démarrage n'est quasiment pas affecté. On peut donc affirmer que le moteur initialement choisi conviendra parfaitement pour la deuxième configuration.

## EXERCICES SUR LES REDUCTEURS

### EXERCICE 1

Voici un schéma cinématique d'une boîte de vitesses manuelle à 4 rapports + marche arrière. Le but de cette boîte de vitesses est d'adapter le couple et la vitesse fournis par le moteur aux besoins du conducteur.

- l'arbre d'entrée (ou primaire) lié à l'arbre moteur via l'embrayage, porte des pignons qui y sont solidaires.
- l'arbre de sortie (ou secondaire) porte des pignons fous.

Un rapport est enclenché lorsqu'un des pignons de sortie devient solidaire de l'arbre secondaire (au moyen de crabots). Pendant ce temps les autres pignons tournent librement. On dit qu'ils sont fous.

1. Déterminer le triplet ( $Z$ ,  $m$ ,  $d$ ) pour chacun des 8 pignons de la marche avant.
2. Calculer les différents rapports de transmission
3. Est ce un réducteur ou un multiplicateur ?
4. A quoi sert le pignon supplémentaire pour la marche arrière ?

Données :  $Z_{p1} = 31$ ;  $Z_{s1} = 81$ ;  $Z_{p2} = 46$  ;  $m_1 = 2.5$  mm ;  $m_2 = m_3 = m_4 = 2$ mm ;  $d_{p3} = 108$ mm ;  $d_{p4} = 138$ mm ;

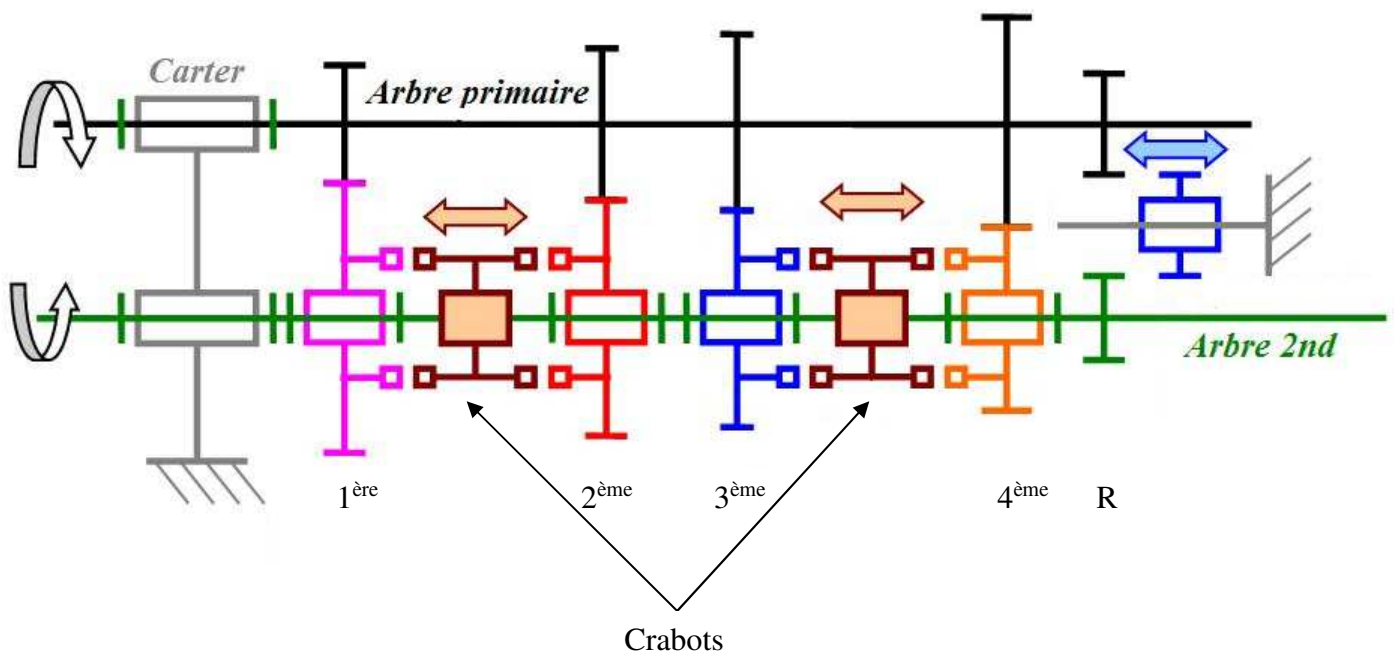


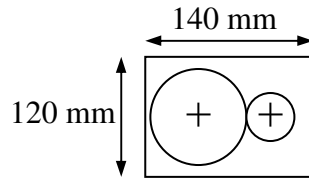
Figure 1 : Schéma cinématique d'une boîte de vitesse manuelle

## EXERCICE 2

Dans cet exercice, nous allons procéder à la conception d'un train d'engrenages.

Cahier des charges (non modifiable car imposé par le client) :

- Rapport de transmission :  $0.24 < r < 0.26$  (proche de  $1/4$ )
- Nombre de dent minimal d'un pignon : 13 dents
- Taille interne du carter inférieure à :  $140 \times 120\text{mm}$



**Figure 2 : Schématisation du montage des engrenages dans le carter**

Considérons tout d'abord que le module  $m=1.5\text{mm}$  et que le pignon comporte 17 dents.

- 1- Déterminer le nombre de dents de la roue.
- 2- Déterminer la taille réelle du train d'engrenage.

Pour des raisons de sécurité et pour accroître la vie du train d'engrenage, nous décidons d'utiliser un module  $m=2\text{mm}$ .

- 3- Déterminer la taille réelle du train d'engrenage.
- 4- Proposer une solution simple et pas chère pour cette problématique.

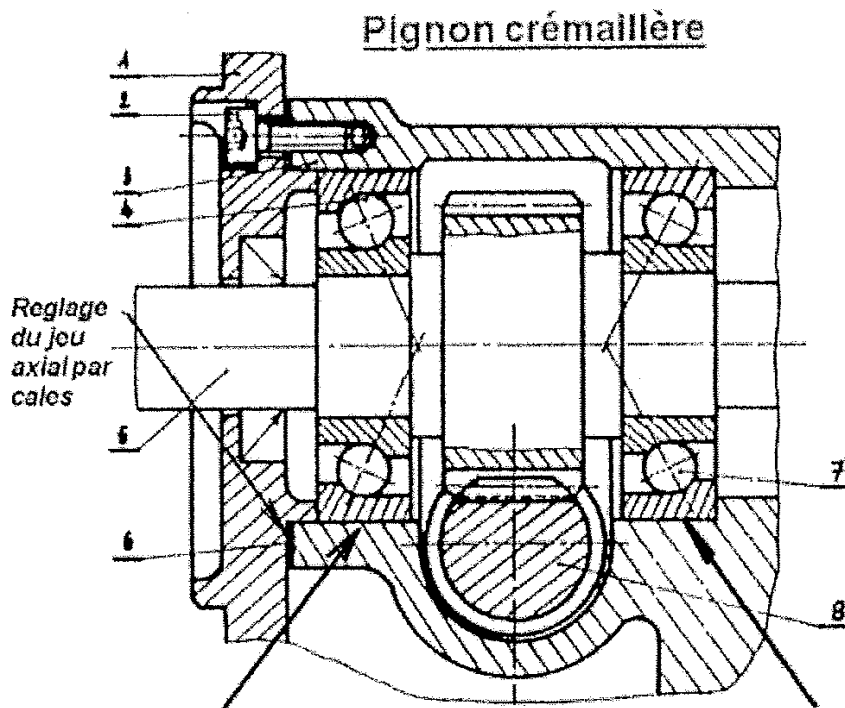
### EXERCICE 3

Le dessin suivant correspond à un système classique de pignon crémaillère.  
Remarque : deux roulements forment une liaison pivot.

Données :

- L'entrée, l'arbre 6 est soumis à un couple  $C_m$  de 120Nm.
- Les dentures sont droites.
- $m_8 = 2.25\text{mm}$
- Rayon du pignon = 20mm

1. Calculer les efforts mis en jeu au niveau du contact entre le pignon et la crémaillère,  $[F_{8/6}]_I$ .



#### Nomenclature

1	Bâti, première partie
2	Vis de fixation
3	Bâti, deuxième partie
4	Roulement à billes à contacts obliques
5	Arbe avec pignon
6	Cales de réglage
7	Roulement à billes à contacts obliques
8	Crémaillère

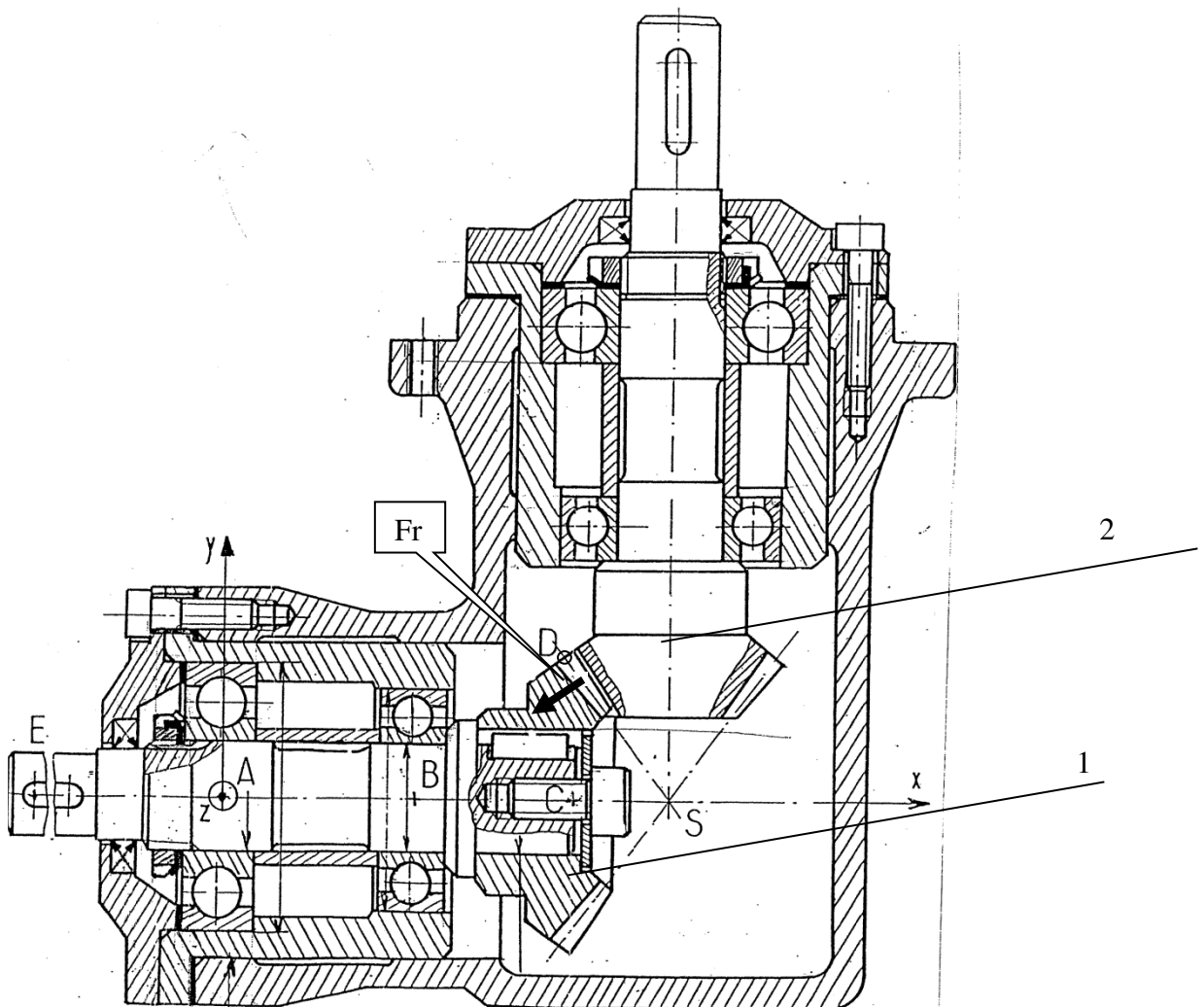
#### EXERCICE 4

Le dessin suivant correspond à un système classique de renvoi d'angle.  
Remarque : deux roulements forment une liaison pivot.

Données :

- L'entrée, l'arbre 1 est soumis à un couple  $C_m$  de 50Nm.
- Les dentures sont droites.
- $m = 2\text{mm}$
- Rayon primitif du pignon 1 = 25mm
- Nombre de dents du pignon 2 = 40

1. Donner la relation cinématique entre les pièces 1 et 2.
2. Le choix du nombre de dents du pignon 1 est-il judicieux ? Justifiez.
3. Calculer les composantes  $F_t$  (tangentielle) et  $F_r$  (radiale) du contact en D.

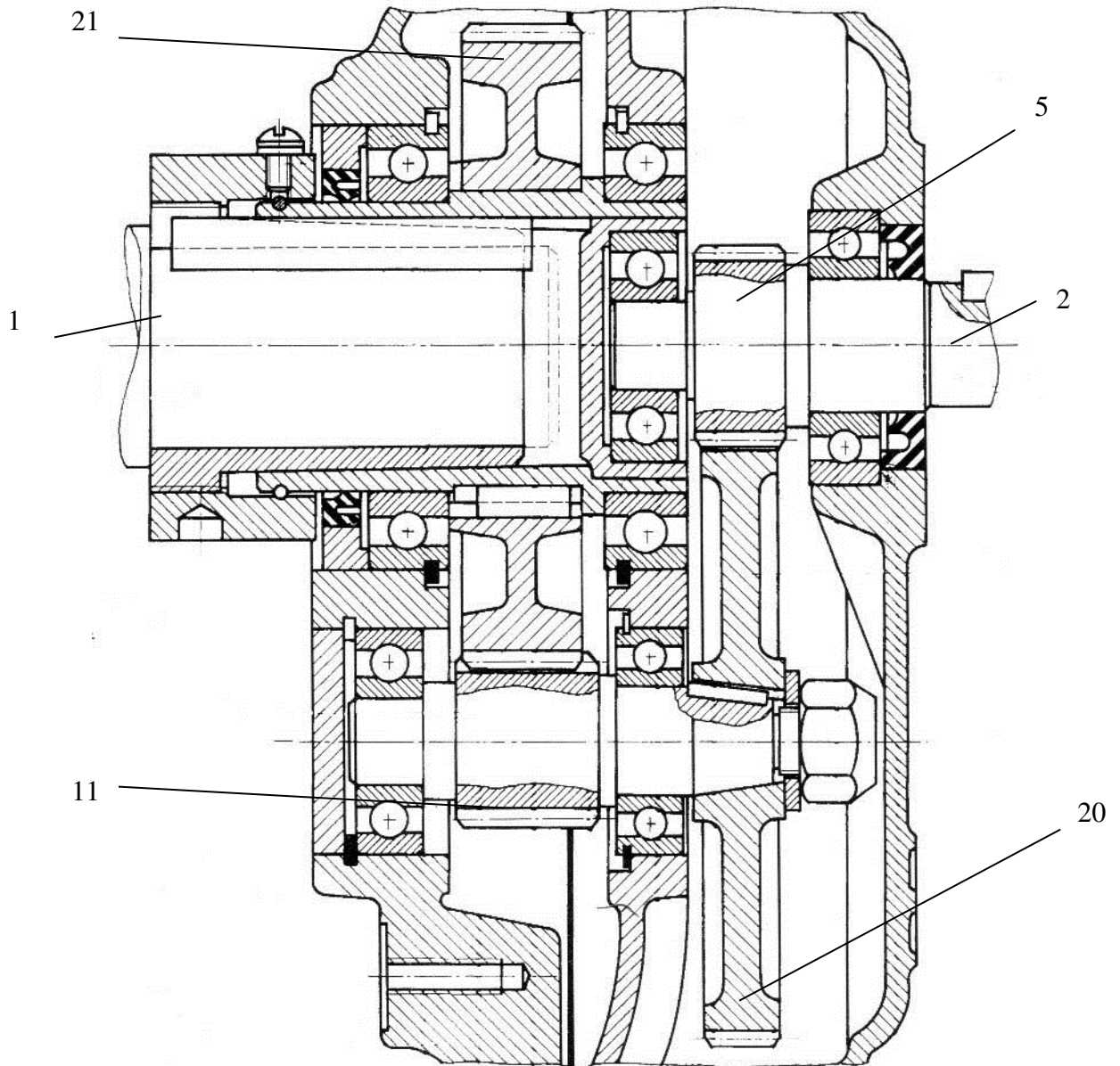


### EXERCICE 5

Voici un dessin d'ensemble d'un variateur de vitesse. Le but de ce variateur est d'augmenter le couple.

- 1- Quels sont les numéros de l'entrée et de la sortie du variateur ?
- 2- Calculer le rapport de transmission de ce variateur ?
- 3- Est-ce un inverseur ?

Données :  $Z_5 = 30$  ;  $Z_{20} = 70$  ;  $m_5 = 1$  mm ;  $m_{11} = 2$  mm ;  $d_{11} = 26$  mm





## Éléments de corrigé exercice 1

1- L'entraxe de tous les couples d'engrenage est identique.

Les caractéristiques de la première vitesse permettent de le déterminer :

$$2a = (Z_{p1} + Z_{s1}) m_1 = 280 \text{ mm}$$

$$d_{p1} = Z_{p1} m_1 = 77.5 \text{ mm}; d_{s1} = Z_{s1} m_1 = 202.5 \text{ mm};$$

$$d_{p2} = Z_{p2} m_2 = 92 \text{ mm}; d_{s2} = 2a - d_{p2} = 188 \text{ mm}; Z_{s2} = d_{s2} / m_2 = 94;$$

$$Z_{p3} = d_{p3} / m_3 = 54; d_{s3} = 2a - d_{p3} = 172 \text{ mm}; Z_{s3} = d_{s3} / m_3 = 86;$$

$$Z_{p4} = d_{p4} / m_4 = 69; d_{s4} = 2a - d_{p4} = 142 \text{ mm}; Z_{s4} = d_{s4} / m_4 = 71$$

2- rapports de réduction :

$$1\text{ere} : R = 31/81;$$

$$2\text{eme} : R = 46/94;$$

$$3\text{eme} : R = 54/86;$$

$$4\text{eme} : R = 69/71;$$

3-

Tous les rapports de transmission sont inférieurs à 1 donc c'est un réducteur.

4-

Le pignon supplémentaire en marche arrière sert à inverser le sens de rotation.

## Éléments de corrigé exercice 2

1-

$$Z_{roue} = 4 * 17 = 68 \text{ dents}$$

2-

avec un module de 1.5mm on a :  $2a = 127.5 \text{ mm} < 140 \text{ mm}$  OK et  $d_{roue} = 102 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$  OK

3-

avec un module de 2mm on a :  $2a = 170 \text{ mm} > 140 \text{ mm}$  Pb et  $d_{roue} = 136 \text{ mm} > 120 \text{ mm}$  Pb

4-

Pour conserver le module de 2 et rester dans l'encombrement prévu il est possible de diminuer le nombre de dents du pignon.

Avec 14 dents pour le pignon on obtient  $Z_{roue} = 4 * 14 = 56$  dents,  $2a = 140 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$  OK et  $d_{roue} = 112 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$  OK

Il y aura malgré tout ici des problèmes d'interférence au niveau du pignon à cause du faible nombre de dents.

### **Éléments de corrigé exercice 3**

1- Pour le pignon :

$$F_t = 120 \cdot 1000 / 20 = 6000 \text{ N (force axiale sur la crémaillère)}$$

$$F_r = F_t \tan \alpha = 2184 \text{ N}$$

$$F_a = 0 \text{ (denture droite)}$$

### **Éléments de corrigé exercice 4**

1-

$$Z_1 = 25 \cdot 2 / 2 = 25$$

$$\text{Rapport de transmission : } Z_1 / Z_2 = 25 / 40$$

2-

Il y a 25 dents pour le pignon 1, c'est assez bien (pas de risque d'interférence)

3- Pour le pignon 1 :

$$F_t = 50 \cdot 1000 / 25 = 2000 \text{ N}$$

$$F_r = F_t \tan \alpha = 728 \text{ N}$$

### **Éléments de corrigé exercice 5**

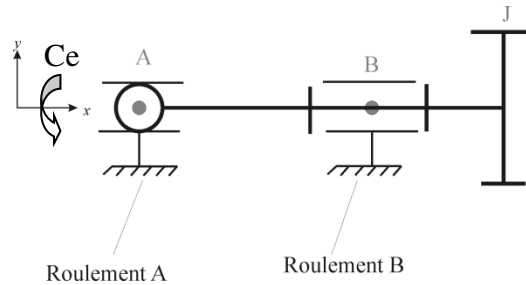
1- (2) entrée, (1) sortie

2- entraxe 50mm ;  $Z_{11} = 13$  ;  $Z_{21} = 37$  ;  $\omega_s / \omega_e = 0.15$

3- Non

## EXERCICES SUR LE GUIDAGE EN ROTATION

### EXERCICE 1



Voici le schéma cinématique d'un guidage en rotation d'un arbre. Cet arbre engrène avec un système non représenté ici.

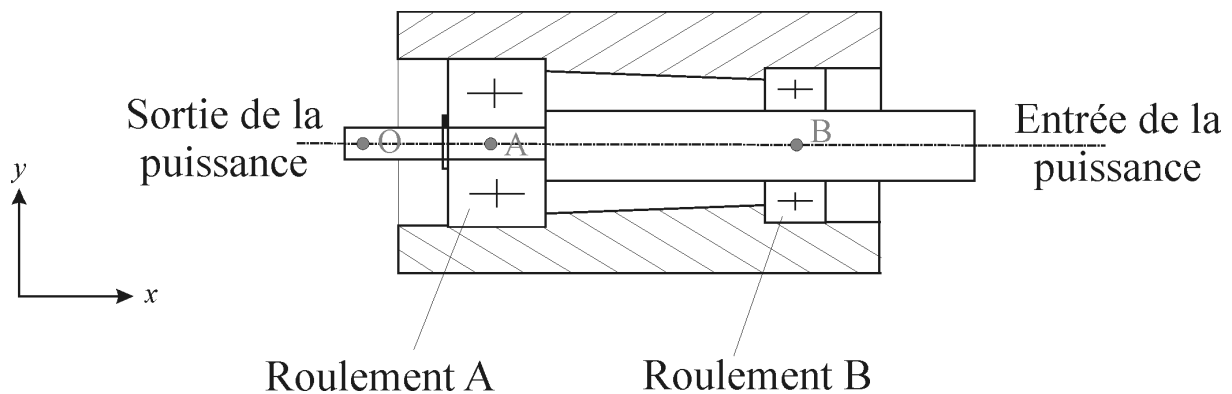
#### Données :

- La vitesse est de 3000tr/min
- L'effort du pignon extérieur sur la roue en J,  $F_J$ , est de 500N ( $F_J$ , est dans le plan yz).
- Un couple extérieur  $C_e$  suivant l'axe x est appliqué au centre du repère
- La roue est normalisée, de rayon primitif 60 mm et l'angle de pression est de  $20^\circ$ .
- Les distances :  $\overline{BJ} \cdot \vec{x} = 40\text{mm}$ ,  $\|\overline{AB}\| = 70\text{mm}$ .
- Les roulements employés sont des roulements à une rangée de billes et à contact radial :
  - Le roulement A :  $d=30\text{mm}$ ,  $D=72\text{mm}$ ,  $C_0=1600\text{daN}$ ,  $C=2810\text{daN}$ ,
  - Le roulement B :  $d=12\text{mm}$ ,  $D=37\text{mm}$ ,  $C_0=415\text{daN}$ ,  $C=975\text{daN}$ .

#### Questions :

1. Modifiez le schéma cinématique (liaison en B) pour qu'il soit isostatique.
2. Calculez la durée de vie des roulements.
3. Si le pignon est changé pour un pignon ayant un rayon plus petit. Sur quoi va agir cette modification ?
4. En tenant compte de vos choix de types de montage et de roulements, quelles solutions techniques proposez-vous pour réaliser les arrêts ?

## EXERCICE 2



Un fabricant de ventilateurs a un problème de tenue dans le temps des roulements qu'il a utilisés dans un de ses produits. Vous allez l'aider à résoudre le problème.

### Données :

- Les roulements employés sont des roulements à une rangée de billes et à contact radial :
  - Roulement A :  $d=12\text{mm}$ ,  $D=37\text{mm}$ ,  $B=12\text{mm}$ ,  $C_0 = 420\text{daN}$ ,  $C = 975\text{daN}$ .  
 $e= 0.31$  ;  $X=0.56$  ;  $Y=1.4$
  - Roulement B :  $d=25\text{mm}$ ,  $D=47\text{mm}$ ,  $B=12\text{mm}$ ,  $C_0 = 590\text{daN}$ ,  $C = 1120\text{daN}$ .  
 $e= 0.31$  ;  $X=0.56$  ;  $Y=1.4$
- Les bagues montées serrées sont les bagues de l'arbre.
- En fonctionnement nominal le couple moteur est de  $5\text{Nm}$  et la puissance motrice de  $130\text{W}$ .
- Distances :  $\|\overline{OA}\| = 15\text{mm}$ ,  $\|\overline{AB}\| = 40\text{mm}$ .
- Compte tenu des moyens de fabrication, l'hélice du ventilateur, accrochée en O, présente un petit défaut d'équilibrage qui engendre un effort radial de  $60\text{N}$ . Cet effort est fixe par rapport à l'arbre et donc tourne par rapport au bâti.

*Pour homogénéiser les calculs et pouvoir comparer plus facilement vos résultats, vous considèrerez la configuration pour laquelle l'effort radial est orienté suivant l'axe y positif.*

- La poussée axiale due au vent, toujours exprimée en O, peut être modélisée par un effort de  $50\text{N}$  suivant l'axe  $\bar{x}$ .

### Questions :

1. Quelle est la fréquence de rotation du moteur (en rad/s) ?
2. Quel roulement reprend la poussée axiale ?
3. Calculez les sollicitations en A et B.
4. Calculez les durées de vie des roulements utilisés. Le fabricant désire une durée de vie du ventilateur de 3ans. Est ce vérifié ?
5. Malgré ces calculs de validation, les roulements s'usent très rapidement. Quelle erreur de conception fait-il ?
6. Dessinez le montage des roulements de manière convenable si besoin est (étanchéité, arrêts axiaux, ...)

### EXERCICE 3

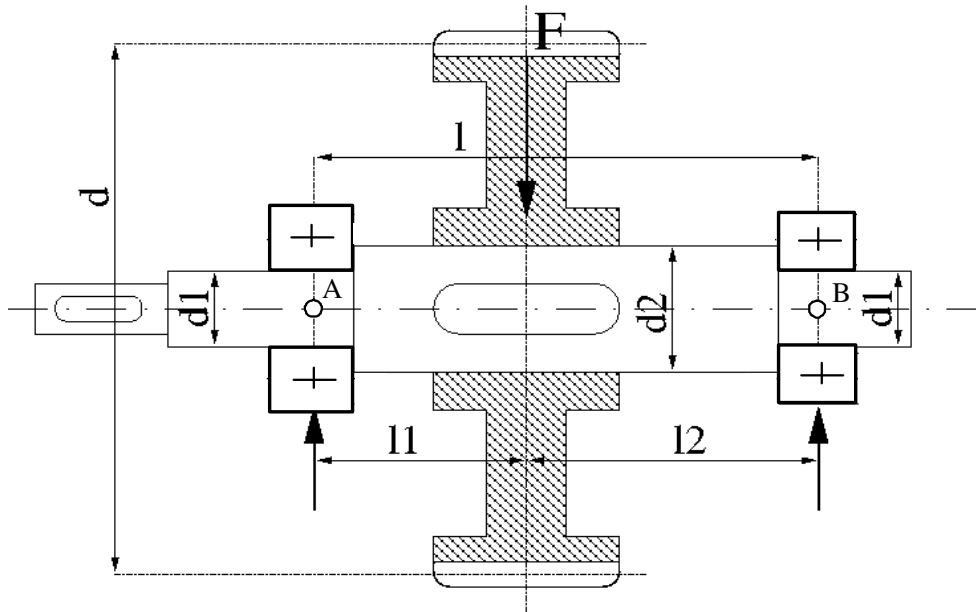
Voici un dessin de pré-étude d'un palier à la sortie d'un réducteur. Celui-ci ne comprend qu'un engrenage droit normalisé à  $20^\circ$ . L'effort de contact entre les deux pignons génère un effort radial  $F$  de 12kN. Le palier tourne en régime établi à 315tr/min et ce 8h par jour. Les dimensions du palier sont les suivantes :

$$d = 200\text{mm}$$

$$d1 = 55\text{mm}$$

$$l1 = 100\text{mm}$$

$$l2 = 150\text{mm}$$



#### Questions :

1. Dans le cas de roulements, quel type de montage préconiserez-vous ?
2. Dans le cas de roulements, quels types de roulements choisiriez-vous ? Justifiez ce choix en discutant des différentes solutions possibles. Vous validerez ce choix par le calcul en durée de vie des roulements choisis.
3. En tenant compte de vos choix de types de montage et de roulements, quelles solutions techniques proposez-vous pour réaliser les arrêts ?

Ce réducteur est prévu pour s'intégrer dans un concasseur. Des efforts axiaux sont donc à prendre en compte.  $F_{axiale}=1\text{kN}$  ( $\vec{F}_{axial}$  est positif de B vers A).

4. Quel type de montage de roulements préconiserez-vous ?
5. Quels types de roulements choisiriez-vous ? Justifiez ce choix en discutant des différentes solutions possibles. Vous validerez ce choix par le calcul en durée de vie des roulements choisis.
6. En tenant compte de vos choix de types de montage et de roulements, quelles solutions techniques proposez-vous pour réaliser les arrêts ?

## Eléments de corrigé exercice 1

Remplacez la liaison pivot B par une rotule.

1. Il faut faire le PFS appliqué en un point (A ou B par exemple)

La distance  $a = BJ$  suivant l'axe  $\bar{x}$ , la distance  $b = AB$  suivant l'axe  $\bar{y}$ . Le signe de  $T_J$  dépend du sens de rotation, il est ici considéré arbitrairement comme positif.

$$[T_{\text{ext}/1}]_A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{a}{b} N_J & 0 \\ \frac{a}{b} T_J & 0 \end{bmatrix}, [T_{\text{ext}/1}]_B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{a+b}{b} N_J & 0 \\ -\frac{a+b}{b} T_J & 0 \end{bmatrix}, [T_{\text{ext}/1}]_J = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ N_J = -T_J \tan \alpha & 0 \\ T_J = F_J \cos \alpha & 0 \end{bmatrix}$$

$L_{10A}=603\text{ans}$ ,  $L_{10B}=1.2\text{ans}$

Note : pas de charge axiale pour les deux roulements ;  $P=Fr = (FY^2+FZ^2)^{0.5}$

- La modification va agir sur le couple transmis qui sera diminué.
- Arbre monté serré. Bague extérieure du roulement A libre et tous les autres coins des roulements sont bloqués.
- 

## Eléments de corrigé exercice 2

- $f=P/C=130/5=26 \text{ rad/s}$ . soit 248 tr/min
- La poussée axiale est reprise par le roulement A dont les 2 bagues sont bloquées axialement.
- Avec l'effort radial suivant l'axe y positif on obtient

$$[T_{\text{ext}/1}]_A = \begin{bmatrix} -50 & 0 \\ -\frac{55}{40} \times 60 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, [T_{\text{ext}/1}]_B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{15}{40} \times 60 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Lrequis :  $3\text{ans} \Rightarrow 248 \times 3 \times 365 \times 24 \times 60 = 3.9 \text{ E}2$

Roulement en A :

$F_a=50\text{N}$ ,  $F_r=82.5 \text{ N}$  ;  $F_a/F_r > e$  ;  $P=X F_r + Y F_a = 116.2 \text{ N}$  ;  $L=(C/P)^3=5.9 \text{ E}5 \gg L_{\text{requis}}$

Roulement en B : (charge uniquement radiale)

$P= F_r = 22.5 \text{ N}$  ;  $L=(C/P)^3=1.2 \text{ E}8 \gg L_{\text{requis}}$

Les roulements sont largement surdimensionnés.

- Les roulements sont en revanche mal montés car ici c'est leur bague extérieure qui doit être montée serrée et c'est de là que vient le problème de tenue.
- Il faut compléter le dessin avec joints et chapeaux.

### Éléments de corrigé exercice 3

1. La charge est fixe par rapport au bâti et tournante par rapport à l'axe. Les bagues intérieures seront montées serrées. Il y a plusieurs possibilités pour le blocage des bagues extérieures (il faut juste bloquer 1 fois chaque sens de glissement).
2. Il n'y a pas d'effort axial, on peut donc utiliser des roulements à billes à contact radial, des roulements à rouleaux cylindriques ou des roulements à aiguilles. Dans ce cas, les efforts sont relativement importants et les dimensions petites. On peut donc envisager d'employer 2 rouleaux cylindriques identiques (type NJ). Les roulements à aiguilles posent le problème de laisser une mobilité axiale.

$$\begin{aligned} - \quad & d=55\text{mm}, D=100\text{mm}, B=21 \text{ mm}, C_0 = 9500\text{daN}, C = 8420\text{daN}. \\ & e= 0.2 ; X=0.92 ; Y=0.6 \end{aligned}$$

Au niveau de l'engrenage, l'effort tangentiel vaut :  $F_t = F/\tan\alpha = 33 \text{ kN}$ .

Le montage étant symétrique, la charge se répartie de manière égale sur chaque roulement ainsi,  $P=0.5(F^2+F_t^2)^{0.5}=17.5 \text{ kN}$  ;  $L = (C/P)^{10/3}=187 \text{ Mtrs} = 1230 \text{ jours ouvrables}$ .

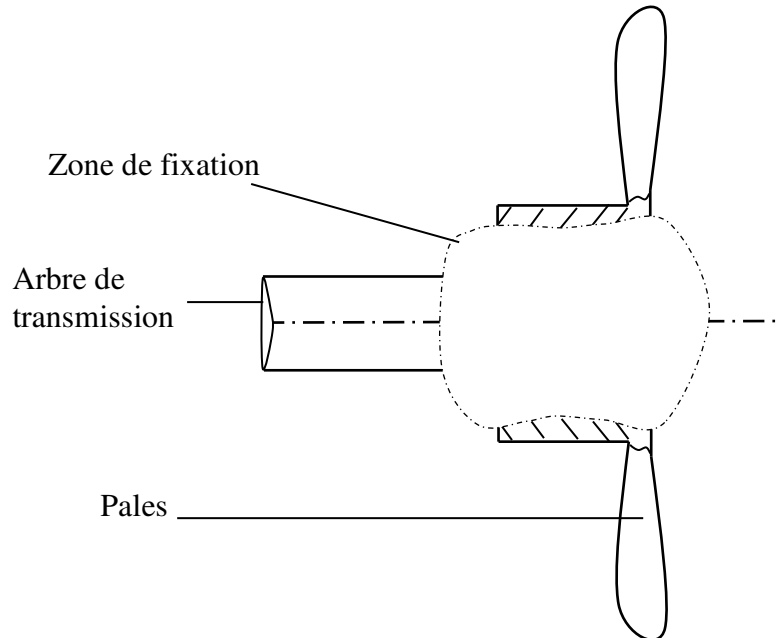
C'est assez confortable (maintenance préventive tous les six ans environ).

3. Les arrêts peuvent être réalisés sur les côtés extérieurs des bagues extérieures (bagues intérieures montées serrées).
4. Compte tenu de l'orientation de l'effort axial et du montage envisagé, c'est le roulement en A qui reprend les charges axiales. Le dimensionnement du roulement B n'est pas modifié.
5. Voyons si le roulement proposé précédemment peut toujours convenir. Ici il y a une charge axiale en plus de la charge radiale.  $F_a/F_r=0.057 < e$  donc  $P=F_r$  donc le dimensionnement n'est pas modifié. Ça marche toujours, OUF !
6. Il faut faire attention car le blocage axial de la bague extérieure en A doit maintenant reprendre 1kN.

## EXERCICES SUR LES LIAISONS COMPLETES

### EXERCICE 1

Votre entreprise veut concevoir un ventilateur silencieux. Vous êtes chargé de la partie accouplement.



Le problème se situe entre le ventilateur et l'arbre moteur. Deux choix technologiques sont proposés :

- une clavette + un arrêt axial
- une cannelure + un arrêt axial

1. Quels sont les avantages/inconvénients de ces solutions ?

Les données techniques sont les suivantes :

Couple moteur sur l'arbre est  $C = 150\text{Nm}$ ,

Fréquence de rotation du ventilateur est  $N = 500\text{tr/min}$ ,

Le diamètre de l'arbre est  $D = 30\text{mm}$  en acier standard C35. Le fonctionnement est considéré comme étant un cas général. Dans ces conditions, ce matériau a une résistance à la pression  $P_{adm} = 80\text{MPa}$ ,

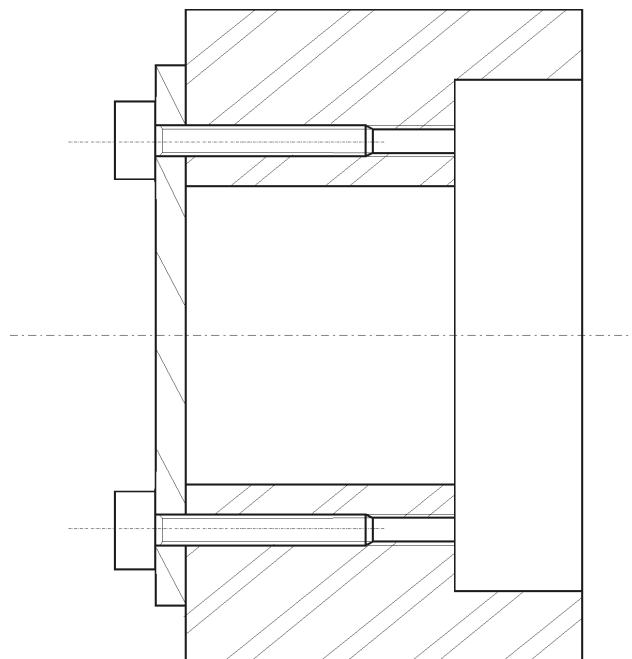
2. Calculez les longueurs minimales à mettre en place pour une conception clavetée.



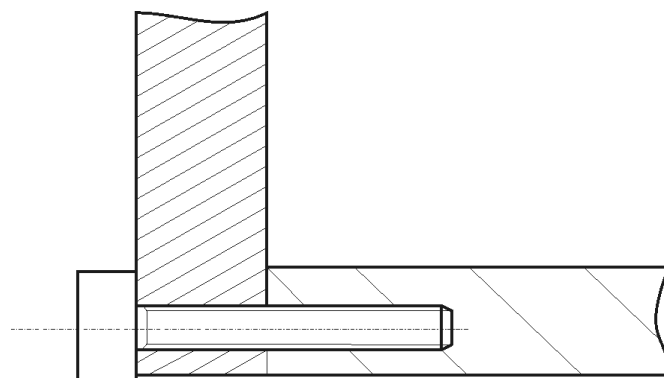
## EXERCICE 2

Arrangez ou redessinez les liaisons complètes suivantes pour qu'elles soient correctes :

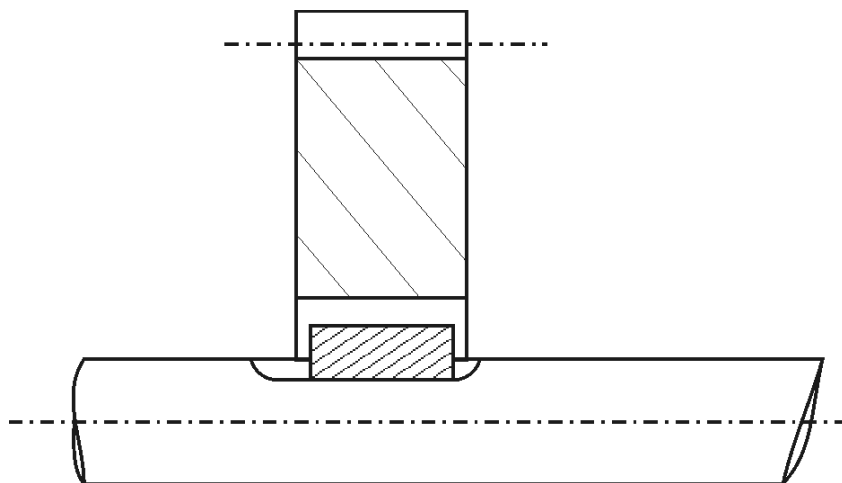
a)



b)



c)



## Eléments de corrigé exercice 1

AVANTAGES/INCONVENIENTS : VOIR GUIDE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

2)

Comment faire le calcul : voir guide du calcul en mécanique

Le principe de base consiste à faire un calcul à la pression superficielle sur le moyeu en considérant une pression uniforme sur les dents des cannelures ou sur les clavettes. Pour les cannelures, le nombre de dents (n) est fixé par la géométrie, pour les clavettes, on peut placer une clavette ou 2 maximum.

L'effort tangentiel à transmettre se calcule à partir du couple et du rayon moyen.

Effort à transmettre :  $F = 2C/D = 10000N$  (attention aux unités)

Calcul d'une conception clavettée :

Pour un diamètre de 30mm, il reste  $h=3mm$  de clavette qui dépasse (voir GDI)

Conditions de fonctionnement normales et pas de glissement  $P_{adm}=80 MPa$

Le calcul à la pression donne :

$L_{mini} = F/P_{adm}/h = 41.7mm \Rightarrow$  c'est acceptable avec une seule clavette.

On peut aussi placer 2 clavettes de 21mm pour gagner en encombrement axial.

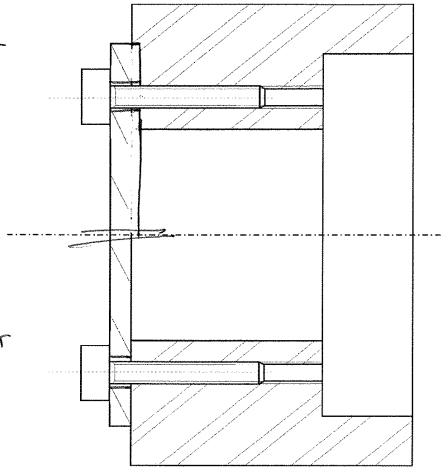
Pour le dessin, voir exo suivant cas c) pour exemple.

## Eléments de corrigé exercice 2

a)

1) Avec centrage court  
(préférable)

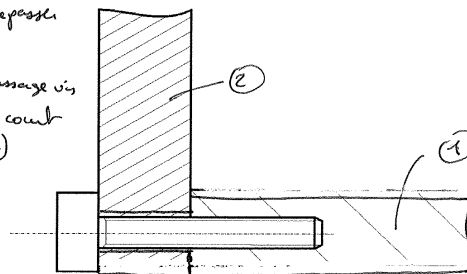
Trou agrandi sur la  
plaque (jeu pour les vis)



2) Sans centrage court  
(moins précis)

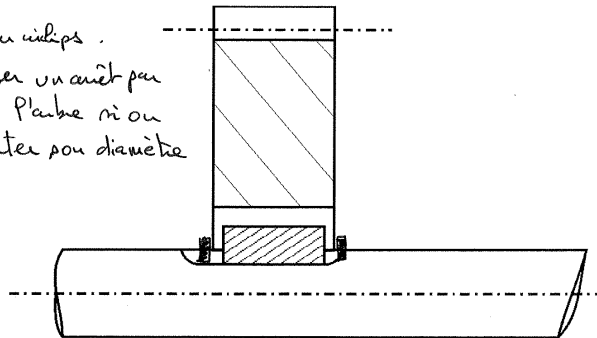
b)

- La tête de vis ne doit pas dépasser  
↳ recentrage sur ②
- Trou agrandi sur ② pour passage vis
- on peut ajouter un centrage court  
entre ② et ① comme en a)



c)

Arrêts axiaux par clips.  
On peut envisager un arrêt par  
épaulement sur plaque si on  
peut augmenter son diamètre



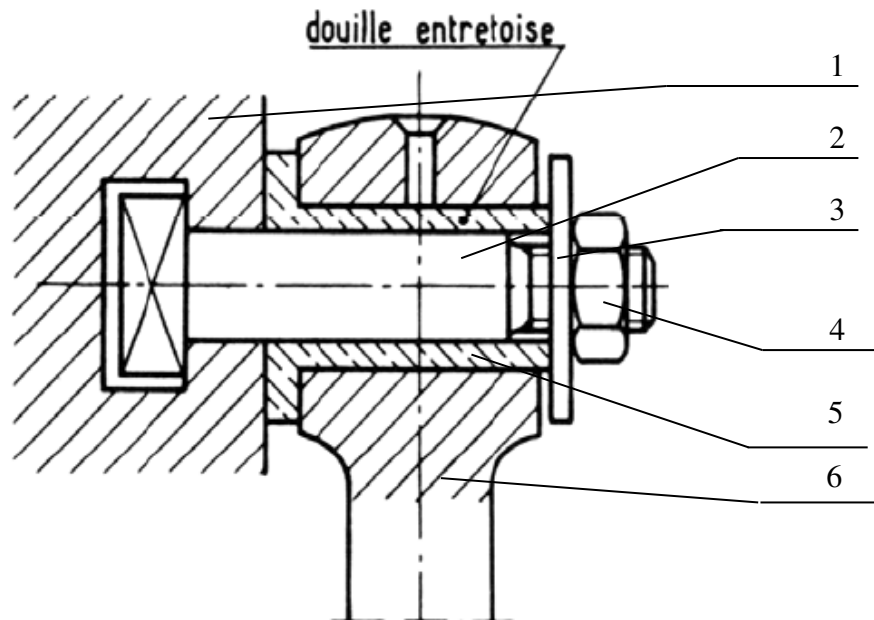
## EXERCICES SUR L'ASSEMBLAGE DES PIÈCES

Pour vous entraîner, vous pouvez aussi exploiter les divers plans distribués au cours de cette année.

### EXERCICE 1

Spécifiez l'ordre de montage de l'ensemble du système pivot en considérant l'ensemble des autres pièces déjà montées.

Exemple de rédaction : insérer 2 dans 1  
visser 3 dans 2

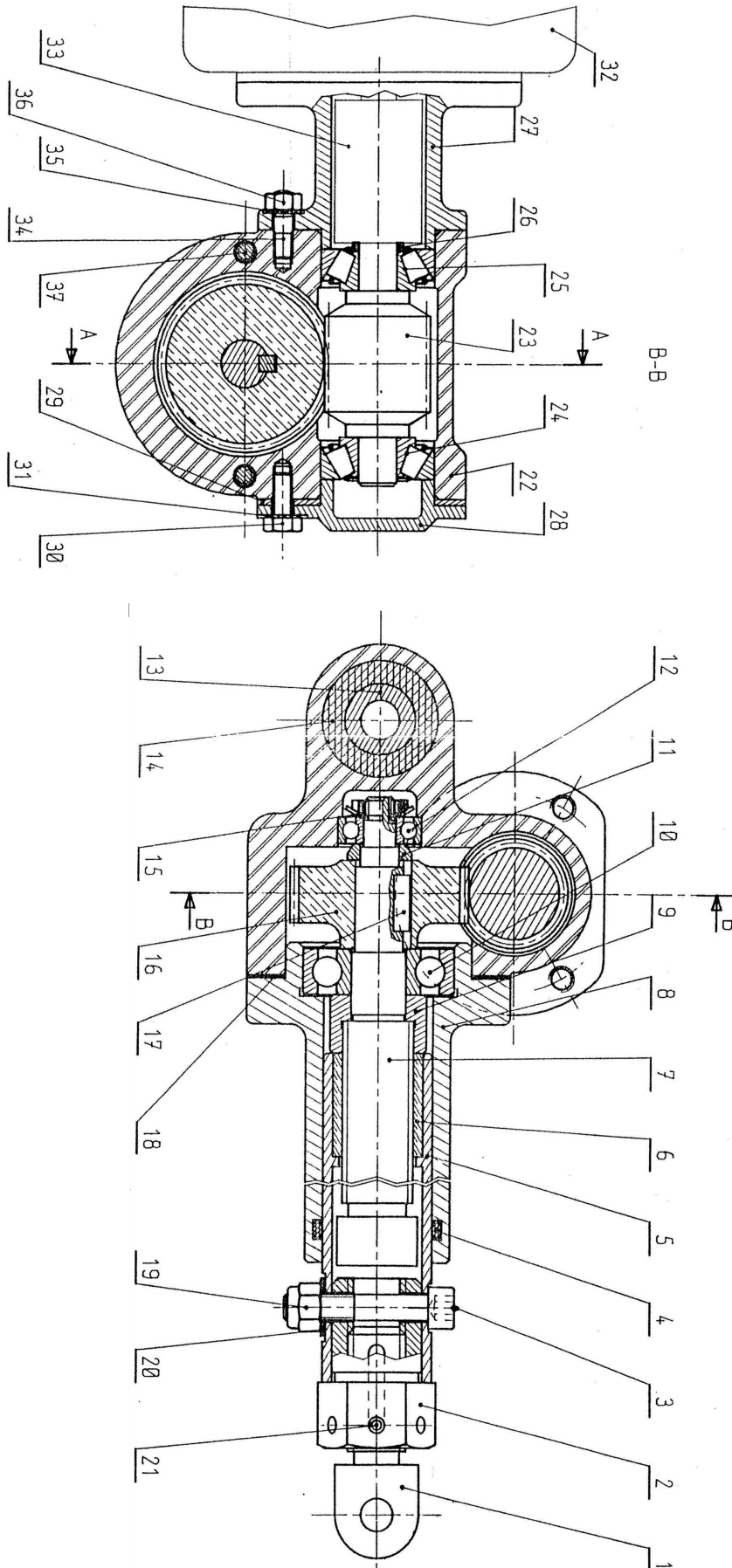


### Nomenclature

1	Bâti
2	Vis
3	Rondelle
4	Ecrou
5	Coussinet
6	Pivot

## EXERCICE 2

Spécifiez l'ordre de démontage de l'ensemble du vérin électrique présenté ci-après.



37	03	Boulon CHC, M 6 - 60 T ; Ecrou H
36	03	Ecrou H, M 6
35	03	Rondelle à dents DEC 6
34	03	Goujon Fi, M 6-14T
33	01	Accouplement
32	01	Moteur
31	03	Rondelle à dents DEC 6
30	03	Vis H, M 6 -14
29	01	Cale d'épaisseur
28	01	Chapeau
27	01	Lanterne
26	01	Entretoise
25	01	Roulement 12 K8 02
24	01	Roulement 12 KB 02
23	01	Vis sans fin, 2 filets à droite
22	01	Carter
21	01	Goupille élastique D = 5
20	01	Rondelle M 8 U
19	01	Ecrou <u>nylstop</u> M 8
18	01	Cale pelable
17	01	Clavette parallèle, forme A de 5 x 5 x 12
16	01	Roue mn = 1.25 ; Z = 42
15	01	Ecrou KM, M10x1
14	01	Bague élastique
13	01	Douille d'articulation
12	01	Roulement à billes 10 8C 10
11	01	Entretoise
10	01	Roulement à billes 17 BC 03
09	01	Entretoise vissée
08	01	Corps de vérin
07	01	Vis à 2 filets trapèze ; Pas = 10 mm
06	01	Ecrou
05	01	Corps d'écrou
04	01	Joint tonique 32,5 x 3,6
03	01	Vis CHC, M 8 - 45
02	01	Tête de vérin
01	01	Chape
<u>Rep.</u>	Nb.	Désignation

## **Éléments de corrigé exercice 1**

Insérer 2 dans 1  
*Insérer 5 dans 6*  
*Insérer 5+6 sur 2*

*Insérer 3 sur 2*  
*Visser 4 sur 2*

## **Éléments de corrigé exercice 2**

Dévisser 19  
Enlever 20  
Enlever 3  
Enlever 2 et son ensemble de 5

Démontage de l'ensemble lié à 2

Enlever 21  
Dévisser 1 de 2  
Enlever 5  
Enlever 4  
Désolidariser le carter 8 de 22  
Enlever 18  
Enlever 7 et son ensemble de 9

Démontage de l'ensemble lié à 7

Dévisser 15  
Enlever 12  
Enlever 11  
Enlever 16 (ou 17)  
Enlever 17 (ou 16 si avant 17)  
Enlever 10  
Dévisser 9  
Dévisser 6  
Dévisser 30  
Enlever 31  
Dévisser 36  
Enlever 35  
Enlever 28  
Enlever 29  
Enlever 24  
Désolidariser le moteur de l'accouplement 33  
Enlever 25  
Enlever 23

Fin