

**BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE
GENIE MECANIQUE
SESSION 1995**

Epreuve: ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Durée: 6 heures

Coefficient: 8

**CELLULE D'ASSEMBLAGE
DE ROULEMENTS**

Aucun document n'est autorisé

Format des données:

- Textes: ▪ WORD 6 (.DOC)
- Dessins: ▪ AUTOCAD 12 (.DWG)

Ce sujet comprend:

- Textes du sujet: ▪ pages 1 à 8; (fichier *ASSEMBL.DOC*)
- Plans: ▪ fichier *DT01.DWG*:
Roulement à contact oblique; description et chronologie des opérations
d'assemblage.

 ▪ fichier *DT02.DWG*:
Dessin d'ensemble du poste de retournement.

 ▪ fichier *DT03.DWG*:
Dessin d'ensemble de la pince du poste de retournement.

 ▪ fichier *DR04.DWG*:
Forme du mors 7, étude de l'équilibre du système S1

 ▪ fichiers *DR05.DWG* et *DR05-C.DWG*:
Dessin de définition du mors 7 et corrigé

 ▪ fichiers *DR06.DWG* et *DR06-C.DWG*:
Conception de la liaison encastrement entre la pince / vérin et corrigé

CELLULE D'ASSEMBLAGE DE ROULEMENTS

1 - PRESENTATION

La société SNR produit des roulements de divers types. L'assemblage de ces roulements est une étape déterminante dans la qualité de ces produits. Cette opération est confiée à un ensemble de cellules autonomes, dont chacune est spécialisée dans un type de roulement.

L'étude porte sur une cellule d'assemblage de roulements à contact oblique à deux rangées de billes.

La chronologie des opérations d'assemblage voir document 01.

Fonction globale



Les machines intégrées dans la cellule d'assemblage robotisée sont:

- une machine à assembler les anneaux de billes à partir de cages et billes;
- une machine à mesurer les bagues, qui permet de connaître les cotes réelles des bagues intérieures et extérieures;
- un tapis d'alimentation en bagues d'assemblage;
- un robot Scara de la société Staubli qui assure les fonctions suivantes:
 - montage d'un roulement sur la plate-forme d'assemblage et évacuation sur un tapis,
 - évacuation des bagues intérieures et extérieures non montables sur un tapis;
- un *poste de retournement des anneaux de billes* qui assure les fonctions suivantes (voir document 02):
 - préhension en B de l'anneau de billes présenté par le tapis d'amenée,
 - retournement de l'anneau par rotation de 180° autour de l'axe Y,
 - dépose en C de l'anneau de billes sur la plate-forme d'assemblage.

L'étude portera principalement sur le poste de retournement.

2 - TRAVAIL DEMANDE

A - Etude cinématique de la pince du poste de retournement

Cette partie vise à décrire le fonctionnement de la pince du poste de retournement par un schéma cinématique. Voir le dessin d'ensemble de la pince document 03.

Le mécanisme comporte les classes d'équivalence cinématique suivantes:

- ensemble 11, constitué des pièces 11, 14, 16, 18, 24, 26 (18 et 26 sont montées serré dans 16);
- ensemble 13, constitué des pièces 13, 21, 23, 12, 22, 17, 27 (17 et 27 sont montées serré dans 13);
- ensemble 19, constitué de la pièce 19;
- ensemble 28, constitué de la pièce 28.

A.1 ☞ Indiquer en quelques phrases concises comment est réalisée la liaison complète entre le corps de pince **11** et l'ensemble {bague **14** + nez de pince **16**}.

A.2 ☞ Etablir le graphe des liaisons mécaniques entre les différentes classes d'équivalence cinématique, en précisant le modèle cinématique associé à chaque liaison (liaison ponctuelle, linéaire rectiligne, appui plan, ...).

A.3 ☞ Tracer le schéma cinématique minimal de la pince du poste de retournement dans le plan (\vec{x}, \vec{y}) (en utilisant une couleur ou un type de trait différent pour chaque classe d'équivalence cinématique).

B - Vérification de non interférence mors / anneau lors de l'ouverture de la pince

Problème technique posé: Vérifier que l'ouverture des mors de la pince ne provoque aucun déplacement de l'anneau de billes lorsqu'il est déposé sur la plate-forme d'assemblage.

Hypothèse: On supposera que l'anneau de billes est un cylindre parfait (voir document **04**)

B.1 ☞ Quelle est la nature du mouvement de l'ensemble {**7**, **19**} par rapport à l'ensemble constituant le corps de pince?

B.2 ☞ En déduire la trajectoire du point **M** appartenant au mors **7** par rapport au corps de pince.

On tracera cette trajectoire sur les deux figures du document **04**.

- figure **1**: première forme possible;
- figure **2**: deuxième forme possible.

B.3 ☞ Justifier les raisons, en relation avec le problème posé, qui ont conduit à adopter la première forme. Préciser par une construction graphique sur la figure **2**, la position limite du point **M** à partir de laquelle l'anneau n'est plus déplacé lors de l'ouverture de la pince. Justifier votre réponse.

C - Vérification de l'effort de serrage de la pince

Problème technique posé: La pince du poste de retournement est alimentée par le réseau pneumatique de l'atelier sous une pression de 6 bars (1 bar = 1 daN/cm² = 10⁵ Pa). Dans ces conditions, l'effort de serrage exercé par les mors **3** et **7** sur l'anneau de billes est trop élevé, car il provoque une déformation importante de celui-ci, avec en plus une chute des billes.

L'action d'un mors sur l'anneau est modélisée par un glisseur dont la norme maximum acceptable de la résultante est de 15 N (déterminée par essais). Une des solutions envisagées pour ne pas dépasser cet effort est de limiter la pression d'alimentation du vérin de pince à une valeur que l'étude suivante a pour but de déterminer.

- Etude de l'équilibre du système S1; S1 = {**7**, **8**, **19**} voir documents **03** et **04**

Hypothèses et données:

- Le dessin à l'échelle du système étudié, avec indication du référentiel est donné sur le document **04**.

- Les coordonnées des points particuliers sont les suivants:

$$\vec{TL} = \begin{vmatrix} 140 \\ 33.5 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{TF} = \begin{vmatrix} 60.25 \\ 7.8 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{TD} = \begin{vmatrix} 61 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{TK} = \begin{vmatrix} 68.5 \\ 14 \\ 0 \end{vmatrix}$$

- L'action mécanique exercée par l'anneau sur le mors **7** est représentable en L par un glisseur
(unités: N et N.mm):

$$\{\mathbf{T}_{\text{anneau/7}}\}_L = \left\{ \begin{matrix} \vec{L}_{\text{anneau/7}} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{L, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{matrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 15 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{L, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \end{matrix}$$

- La liaison mécanique mâchoire **19** / axe **18** est une liaison pivot d'axe K, \vec{z} ;
- Les poids des diverses pièces, faibles devant les actions mécaniques exercées seront négligés;
- Les frottements ne seront pris en compte que pour les liaisons piston **21** / corps **11** (interposition du joint **20**) et tige **13** / bague **14** (interposition du joint **25**);
- Les actions mécaniques exercées par l'axe **18** sur la mâchoire **19** et par l'axe **17** sur la mâchoire **19**, sont pour chacune d'elles, représentables par des glisseurs situés dans le plan (\vec{x}, \vec{y}) du système étudié;
- En position pince fermée, le contact axe **17** / mâchoire **19** a lieu en F. L'action mécanique de l'axe **17** sur la mâchoire **19** est représentable par un glisseur:

$$\{\mathbf{T}_{17/19}\}_F = \left\{ \begin{matrix} \vec{F}_{17/19} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{F, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{matrix} \begin{pmatrix} X_{17/19} & 0 \\ Y_{17/19} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{F, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \end{matrix}$$

dans lequel $\vec{F}_{17/19}$ a pour support DF, ce qui implique $Y_{17/19} = -X_{17/19} \tan 60^\circ$

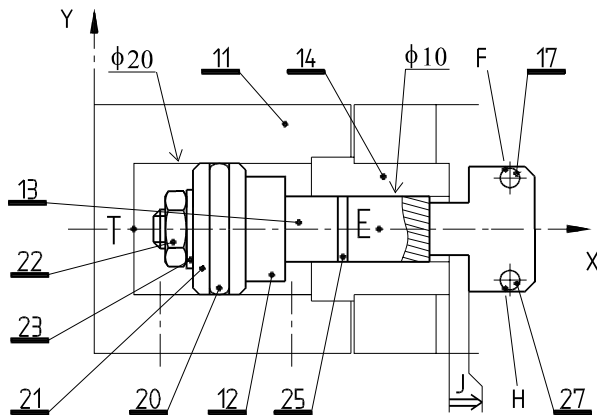
C.1 ☞ Etudier l'équilibre de $S1 = \{\mathbf{7}, \mathbf{8}, \mathbf{19}\}$ (méthode au choix: analytique sur copie ou graphique sur le document **04** avec commentaire sur copie). En déduire le représentant de l'action mécanique exercée par l'axe **17** sur la mâchoire **19**.

- Etude de l'équilibre du système $S2$; $S2 = \{\mathbf{13}, \mathbf{12}, \mathbf{20}, \mathbf{21}, \mathbf{22}, \mathbf{23}, \mathbf{25}, \mathbf{17}, \mathbf{27}\}$ voir document **04**

Hypothèses et données:

- On donne la représentation schématique du système étudié, avec indication des coordonnées et du référentiel:

$$\vec{TE} = \begin{vmatrix} 41 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{TF} = \begin{vmatrix} 60.25 \\ 7.8 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{TH} = \begin{vmatrix} 60.25 \\ -7.8 \\ 0 \end{vmatrix}$$



- L'action mécanique exercée en F par la mâchoire **19** sur l'axe **17** est représentable en F par un glisseur:

$$\{T_{19/17}\}_F = \begin{Bmatrix} 55 & 0 \\ -95 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{F, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \quad (\text{unités N et N.mm})$$

- L'action mécanique exercée en H par la mâchoire **28** sur l'axe **27** est représentable par un glisseur:

$$\{T_{28/27}\}_H = \begin{Bmatrix} \vec{H}_{28/27} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{H, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} 55 & 0 \\ 95 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{H, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \quad (\text{unités N et N.mm})$$

- L'action mécanique de l'ensemble **14 + 11** sur l'ensemble **13 + 21 + 20 + 25** est représentable en E par le torseur:

$$\{T_{14/13}\}_E = \begin{Bmatrix} \vec{E}_{14/13} \\ \vec{M}_{E, 14/13} \end{Bmatrix}_{E, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} 8 & 0 \\ Y_{14/13} & 0 \\ 0 & N_{14/13} \end{Bmatrix}_{E, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \quad (\text{unités N et N.mm}), \text{ compte tenu du}$$

frottement aux contacts joint **20** / corps **11** et joint **25** / bague **14**;

- Le plan de la figure est plan de symétrie géométrique et mécanique;
- Le poids des composants est négligé devant les efforts en jeu;
- La tige **13** n'est pas en butée sur la bague **14** (jeu J);
- L'action mécanique exercée par l'air sous pression sur le système est représentable en E par un glisseur:

$$\{T_{air/S2}\}_E = \begin{Bmatrix} \vec{E}_{air/S2} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{E, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} X_{air/S2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{E, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$$

C.2 ➡ Colorier sur la figure la chambre qui est sous pression dans la position pince fermée.

C.3 ➡ Ecrire la relation vectorielle traduisant le théorème de la résultante appliquée à l'étude de l'équilibre de S2. En déduire les composantes de $\vec{E}_{air/S2}$.

C.4 ➡ En déduire la pression d'air nécessaire pour exercer cette poussée, compte tenu des dimensions du vérin données sur la figure.

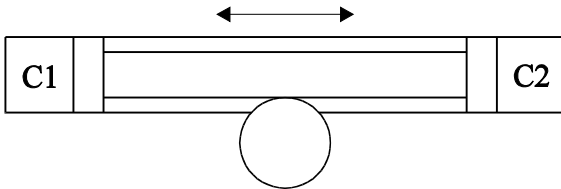
D - Etude du débit d'air au poste de retournement

Problème technique posé: Déterminer le débit d'air minimum à fournir au poste de retournement pour assurer son fonctionnement à la cadence prévue.

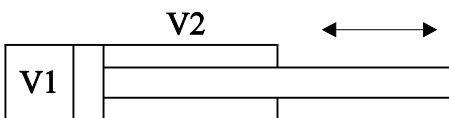
Cahier des charges: Cadence de fabrication à assurer: 260 roulements / heure.

Données: Le poste de retournement comporte deux actionneurs (voir document **02**), soit:

- un vérin rotatif (repère **2** sur le document **02**), alimenté sous une pression de 6 bars, dont chacune des chambres C1 et C2 a un volume maximum de 51 cm³.



- un vérin linéaire double effet (repère **1** sur le document **02**) alimenté sous une pression de 6 bars, de dimensions: diamètre de tige: 10 mm; diamètre du piston: 20 mm; course: 7 mm.



D.1 ➡ Déterminer les volumes maximum V1 et V2 du vérin double effet.

D.2 ➡ Déterminer le volume d'air nécessaire pour le cycle de dépose d'un anneau d'après la description du fonctionnement du poste de retournement.

D.3 ➡ En déduire le débit d'air nécessaire (sous 6 bars) pour la dépose des anneaux permettant l'assemblage de 260 roulements / heure (en m³ / heure).

D.4 ➡ L'air sous pression peut être considéré comme un gaz parfait, et obéit à la loi de Mariotte, selon laquelle, à température constante, le produit pression × volume est constant: $P \times V = \text{cste}$. En déduire le débit d'air nécessaire sous 1 bar en m³/h.

E - Définition graphique

Problème technique posé: Etablir le dessin de définition d'une pièce en vue de sa réalisation.

Données: - Le dessin d'ensemble du manipulateur du poste de retournement (document **02**)
- Le dessin de définition du mors gauche **7** (document **05**), en vue de face avec section rabattue et vue de dessous.

E.1 ➡ Compléter sur le document **05**, le dessin de définition du mors gauche par:

- la vue de dessus avec toutes les arêtes cachées;
- la vue de gauche sans arêtes cachées.

F - Etude graphique

Problème technique posé: La liaison complète démontable entre la pince de préhension **1** et le vérin de retournement **2** (document **02**) est réalisée par ajustement cylindrique, avec maintien en position par pincement (vis d'assemblage **6**). La liaison en rotation par adhérence s'avère peu fiable (rotation de l'ensemble **4 + 1** autour de l'arbre du vérin **2** en cours de fonctionnement).

Afin de garantir une position angulaire relative constante entre la pince **1** et l'arbre du vérin **2**, il est nécessaire d'introduire une liaison en rotation arbre vérin / pièce **4** par obstacle (clavetage).

Solution retenue: L'équerre de liaison **4** et l'arbre du vérin de retournement **2** sont positionnés par assemblage cylindrique $\phi 14$ et clavette parallèle à bouts ronds $5 \times 5 \times 20$. Le maintien en position est assuré par une rondelle plate **10** et une vis d'assemblage M5 vissée dans l'arbre.

L'équerre de liaison **4** et la pince **1** sont positionnées par appui plan. Le maintien en position est assuré par 4 vis d'assemblage M5 vissées dans la pince.

Cahier des charges:

- Les vis d'assemblage utiliseront les trous taraudés prévus dans l'arbre de vérin et la pince.
- La rondelle de maintien **10**, à concevoir, devra avoir une épaisseur minimum de 3 mm, afin d'éviter sa déformation au serrage.
- L'équerre de liaison sera taillée dans un brut de forme parallélépipédique. De plus, la partie liée à la pince **1** devra avoir une épaisseur minimum $e = 10$ mm, afin de garantir sa rigidité.

F.1 ☞ Compléter le document 06 par la représentation de l'ensemble décrit sur le schéma technologique ci-dessous, en respectant le cahier des charges donné.

La vue de face, ainsi que la section AA et la vue F partielle seront complétées.

La vue de gauche, destinée uniquement à positionner le plan de coupe BB, ne sera pas complétée.

Toute vue supplémentaire jugée utile à la compréhension pourra être réalisée.

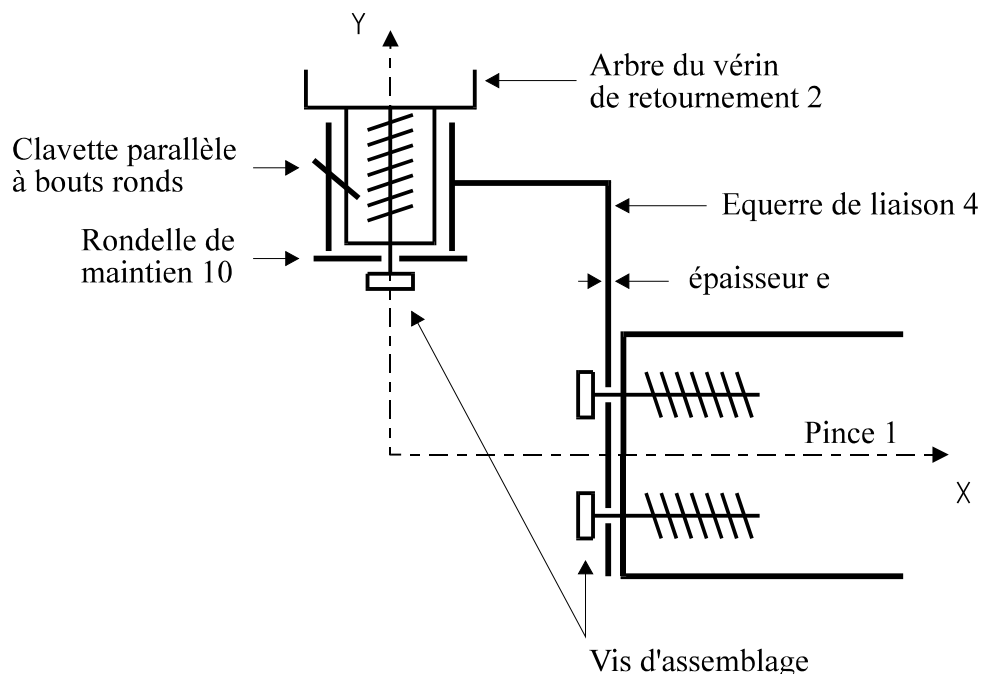


Schéma technologique de la solution retenue.

G - Etude du temps de cycle

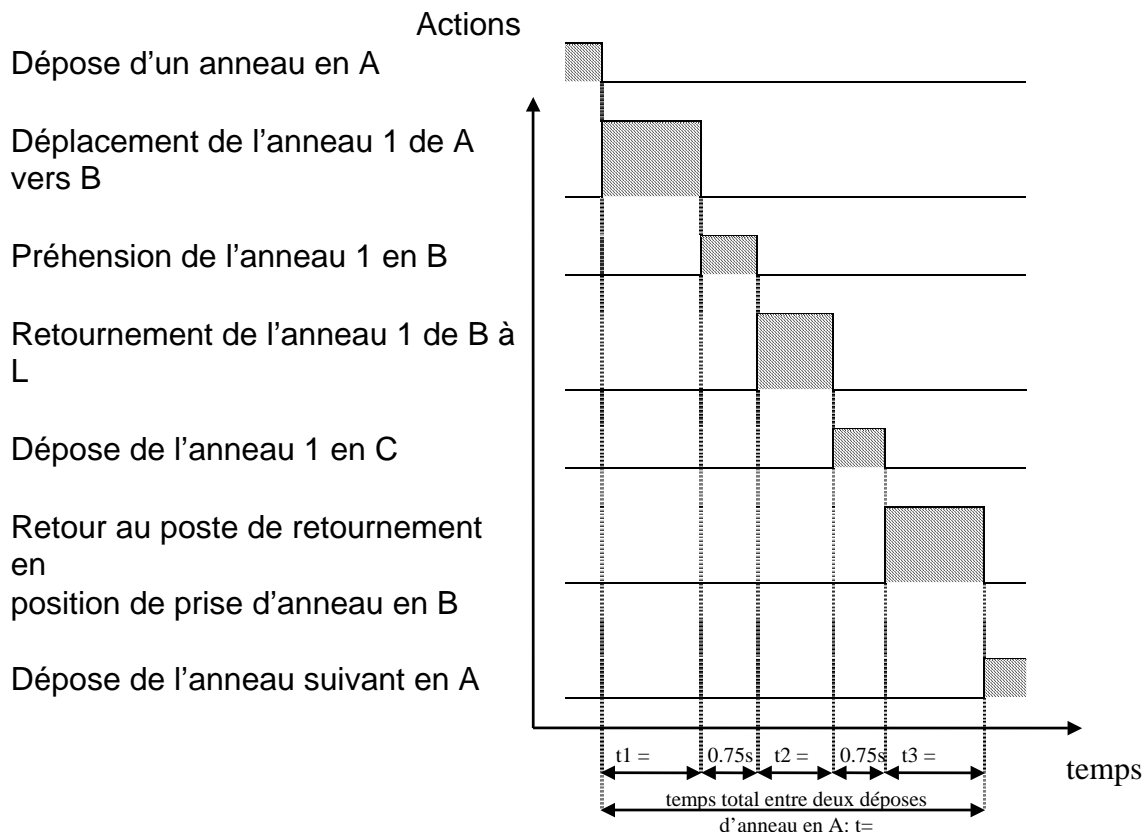
Problème technique posé: Il s'agit de vérifier la production quotidienne annoncée de 4 500 roulements à deux rangées de billes à contact oblique de la cellule d'assemblage.

Données générales:

- l'anneau de billes fabriqué par la machine à assembler les anneaux (M.A.A.) n'est déposé en A sur le tapis d'amenée que lorsque le poste de retournement est en position de préhension d'un anneau en B;
- à un instant donné, il y a eu au plus un anneau sur le tapis d'amenée (pas de stockage d'anneaux prévu);

Données techniques:

- voir ci-dessous le chronogramme incomplet des différentes opérations réalisées entre deux déposes d'anneau en A;



- la distance $d = 1.5$ m a été fixée pour des raisons d'encombrement et d'ergonomie autour du poste de travail;
- la vitesse moyenne de transfert du roulement entre A et B est $v = 0.54$ m/s;
- la vitesse angulaire moyenne du poste de retournement entre B et C (aller) ou entre C et B (retour) est $\omega = \pi$ rd/s;
- le temps mis par la M.A.A. pour réaliser un anneau de billes est de 7 s;

- la production est continue (24h/24h), avec une organisation en 3 équipes de 8 h;
- l'entreprise tient compte, par rapport à la production théorique, d'un coefficient de pondération lié aux arrêts, égal à 0.75 s environ (exemples d'arrêts: production de bagues momentanément arrêtées, pannes diverses, repas des équipes...).

Extrait du cahier des charges fonctionnel: Production quotidienne annoncée de 4 500 roulements à deux rangées de billes à contact oblique.

G.1 ➡ Calculer le temps **t1** mis par un anneau pour aller de A à B. Compléter le chronogramme proposé.

G.2 ➡ Calculer le temps **t2** de retournement de l'anneau. Compléter le chronogramme.

G.3 ➡ Calculer le temps **t3** de retournement du poste de retournement en position de prise d'anneau en B. Compléter le chronogramme.

G.4 ➡ En déduire le temps total **t** entre deux déposes d'anneau en A. Compléter le chronogramme.

Ce temps a-t-il une incidence sur la cadence de production des roulements? Expliquer.

G.5 ➡ Calculer la production théorique journalière de roulements.

G.6 ➡ En déduire la valeur exacte du coefficient de pondération.

CELLULE D'ASSEMBLAGE DE ROULEMENTS

Etude du temps de cycle

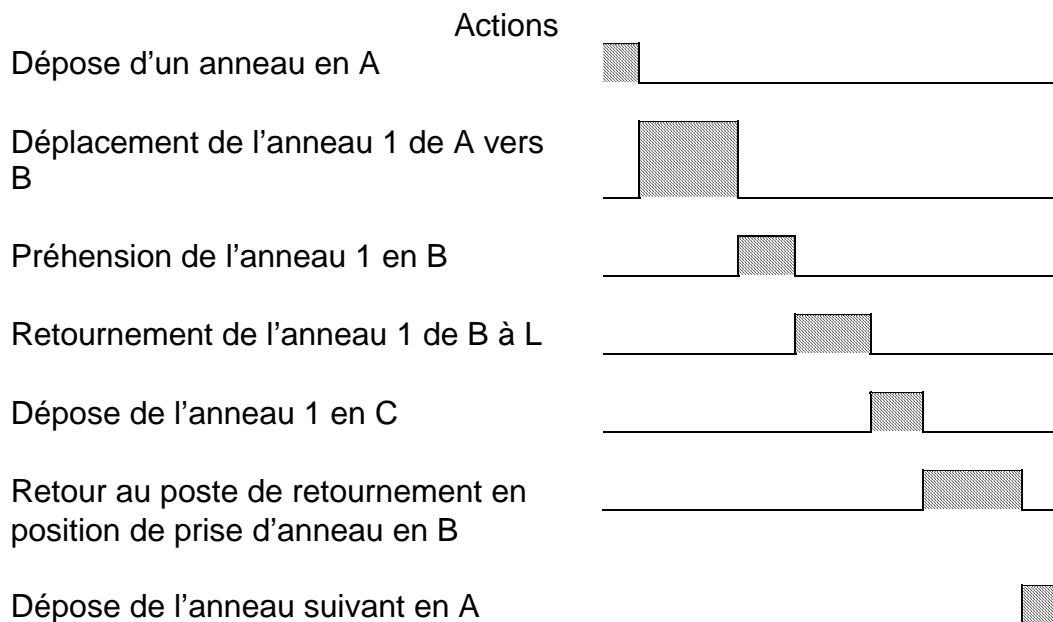
la production quotidienne annoncée de 4 500 roulements à deux rangées de billes à contact oblique de la cellule d'assemblage.

Données générales:

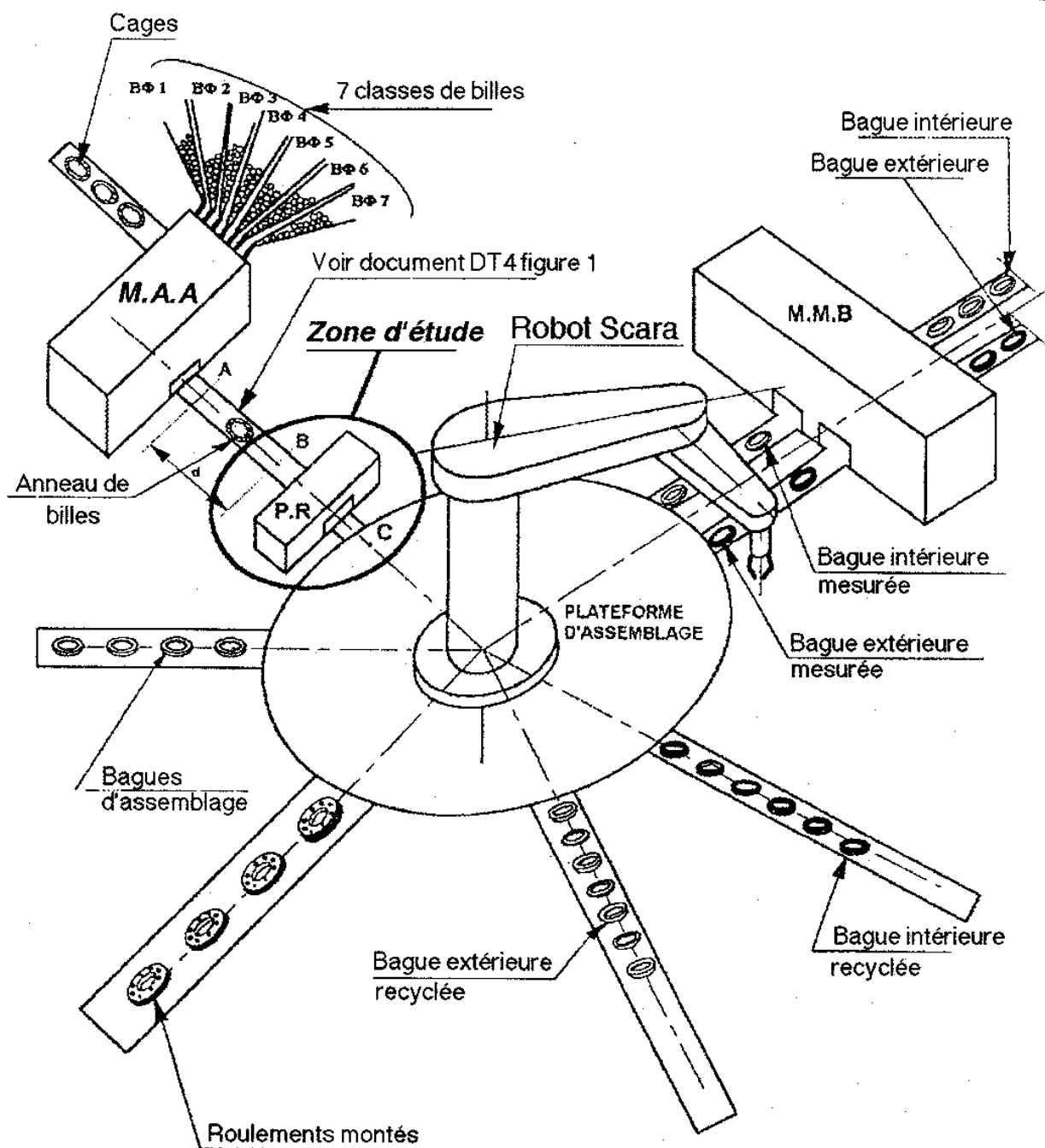
- l'anneau de billes fabriqué par la machine à assembler les anneaux (M.A.A.) n'est déposé en A sur le tapis d'amenée que lorsque le poste de retournement est en position de préhension d'un anneau en B;
- à un instant donné, il y a eu au plus un anneau sur le tapis d'amenée (pas de stockage d'anneaux prévu);

Données techniques:

- voir ci-dessous le chronogramme incomplet des différentes opérations réalisées entre deux déposes d'anneau en A;



- la distance $d = 1.5$ m a été fixée pour des raisons d'encombrement et d'ergonomie autour du poste de travail;
- la vitesse moyenne de transfert du roulement entre A et B est $v = 0.54$ m/s;
- la vitesse angulaire moyenne du poste de retournement entre B et C (aller) ou entre C et B (retour) est $\omega = \pi$ rd/s;
- le temps mis par la M.A.A. pour réaliser un anneau de billes est de 7 s;
- la production est continue (24h/24h), avec une organisation en 3 équipes de 8 h;
- l'entreprise tient compte, par rapport à la production théorique, d'un coefficient de pondération lié aux arrêts, égal à 0.75 s environ (exemples d'arrêts: production de bagues momentanément arrêtées, pannes diverses, repas des équipes...).



Légende : P.R. : poste de retournement
 M.A.A. : machine à assembler les anneaux
 M.M.B : machine à assembler les bagues

Document DT3

Vue générale de la cellule d'assemblage

Figure 1

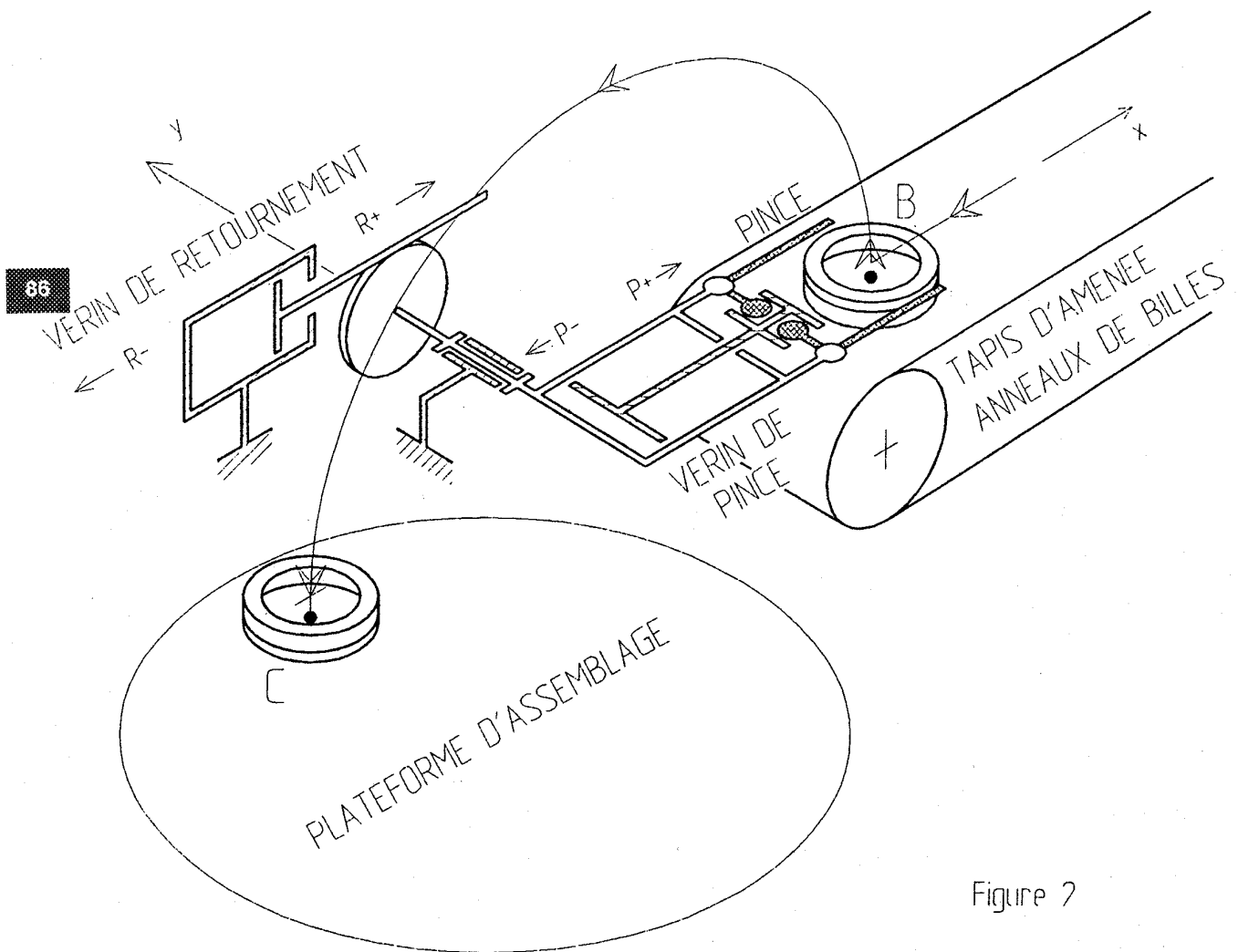
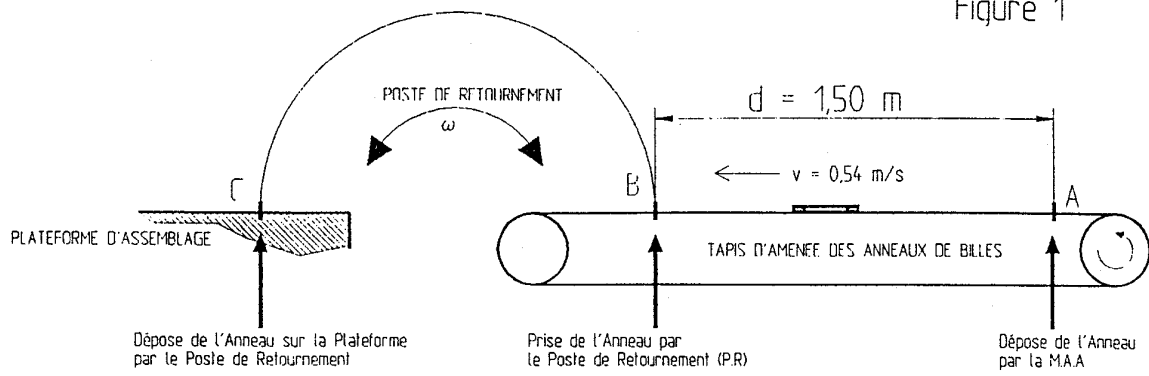
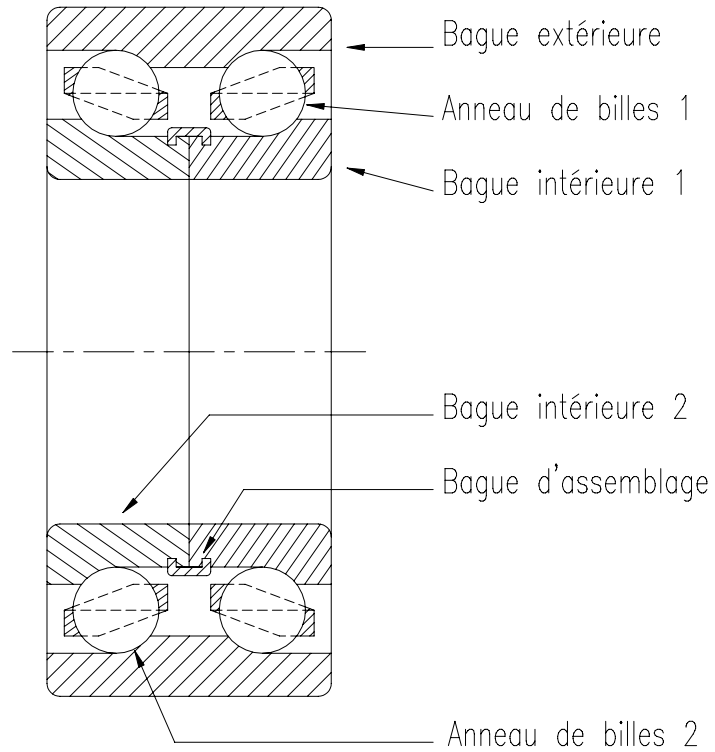


Figure 2

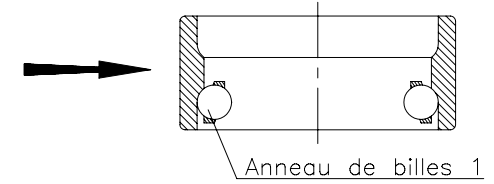
ROULEMENT A CONTACT OBLIQUE A 2 RANGEES DE BILLES

DOCUMENT 01

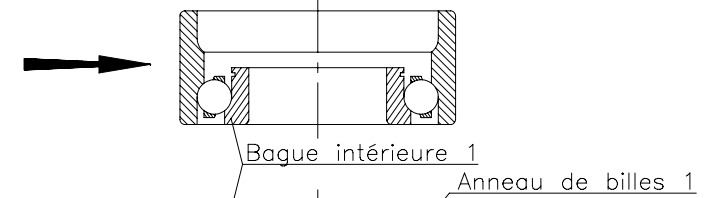


CHRONOLOGIE DES OPERATIONS ASSEMBLAGE

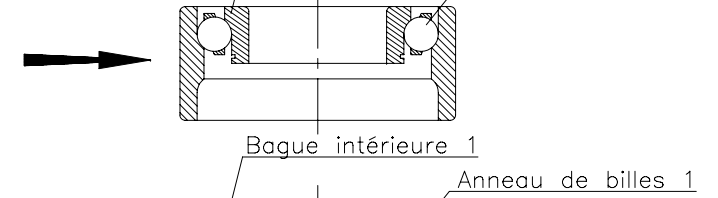
Dépose de la bague extérieure sur l'anneau à billes



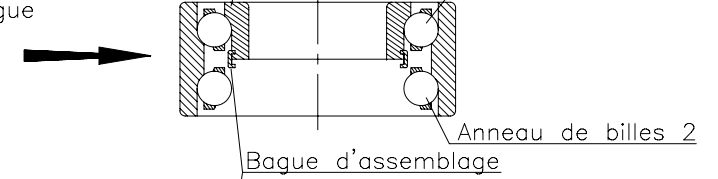
Encliquetage de la bague intérieure 1



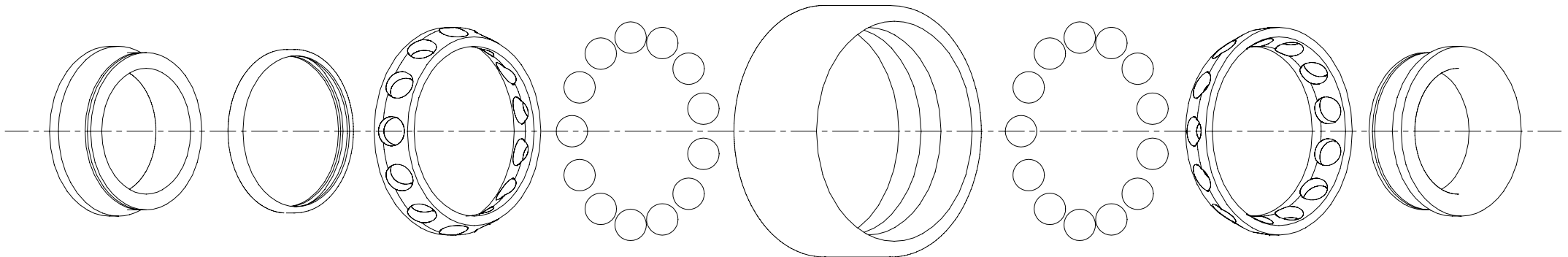
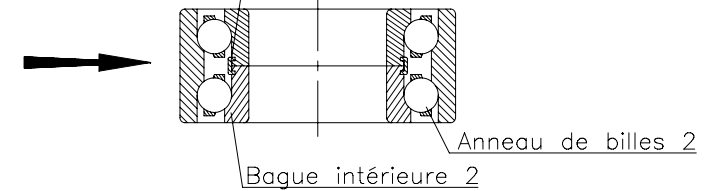
Retournement de l'ensemble

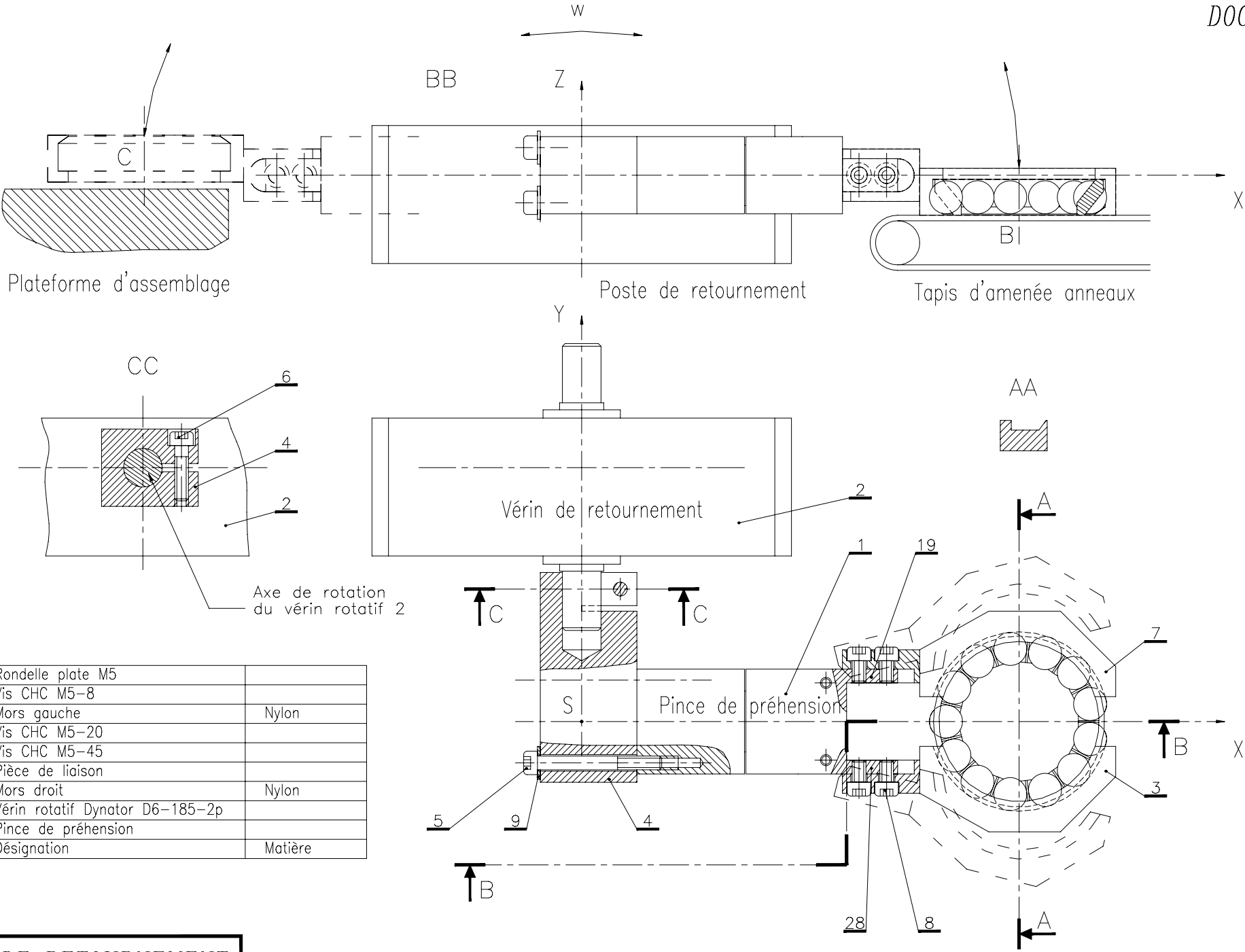


Mise en place de la bague d'assemblage et dépose de l'ensemble sur l'anneau de billes 2



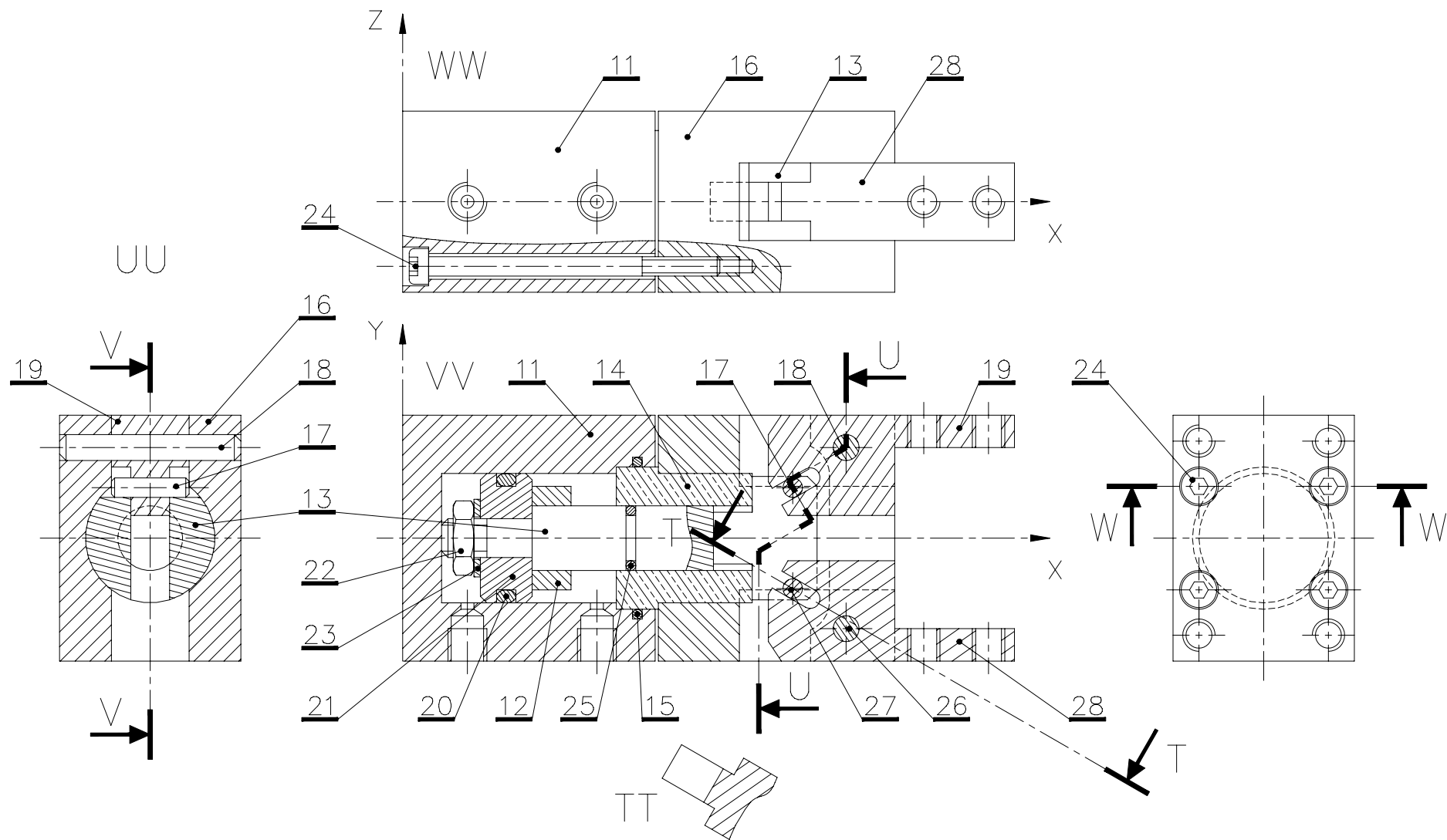
Encliquetage de la bague intérieure 2



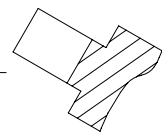


9	4	Rondelle plate M5	
8	4	Vis CHC M5-8	
7	1	Mors gauche	Nylon
6	1	Vis CHC M5-20	
5	4	Vis CHC M5-45	
4	1	Pièce de liaison	
3	1	Mors droit	Nylon
2	1	Vérin rotatif Dynator D6-185-2p	
1	1	Pince de préhension	
Rep	Nb	Désignation	Matière

POSTE DE RETOURNEMENT



Machoire 28 seule



19	1	Machoire gauche
18	1	Axe de machoire gauche
17	1	Axe de commande gauche
16	1	Nez de pince
15	1	Joint d'étanchéité
14	1	Bague de guidage
13	1	Tige de piston
12	1	Bague de butée
11	1	Corps de pince
Rep	Nb	Désignation

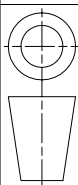
28	1	Machoire droite
27	1	Axe de commande droit
26	1	Axe de machoire droite
25	1	Joint d'étanchéité
24	4	Vis d'assemblage CHC M3-45
23	1	Rondelle M6
22	1	Ecrou Hm M6
21	1	Piston
20	1	Joint d'étanchéité
Rep	Nb	Désignation

Application de: CELLULE D'ASSEMBLAGE DE ROULETTE

PINCE DE PREHENSION

LYCEE POLYVALENT
R. QUENEAU YVETOT
Plan n° 03
Classe STI

Echelle: 1 : 1



Date:

Nom:

FIGURE 1 Première forme possible

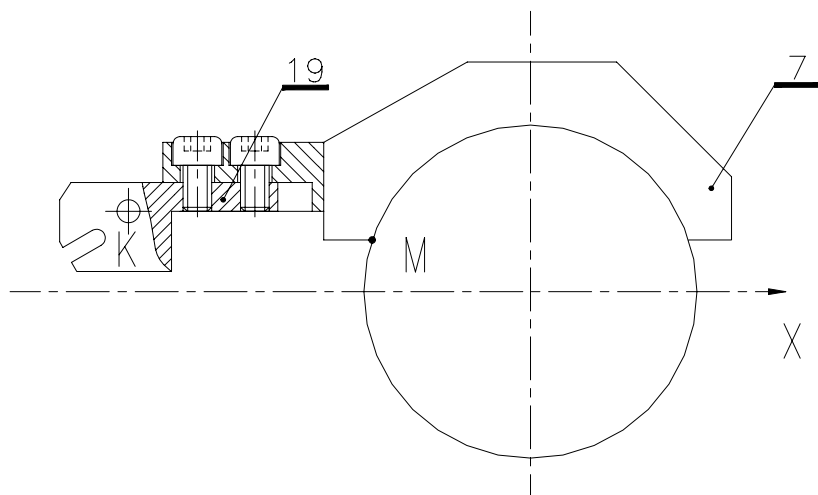
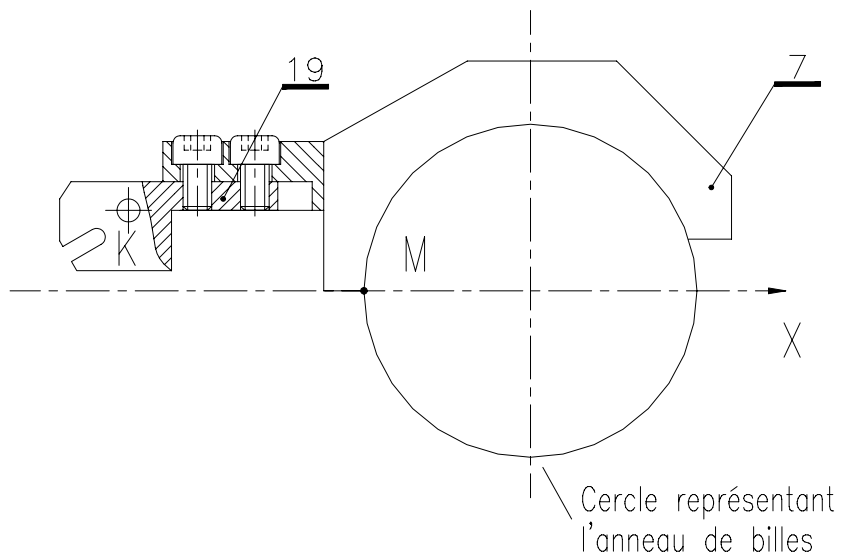
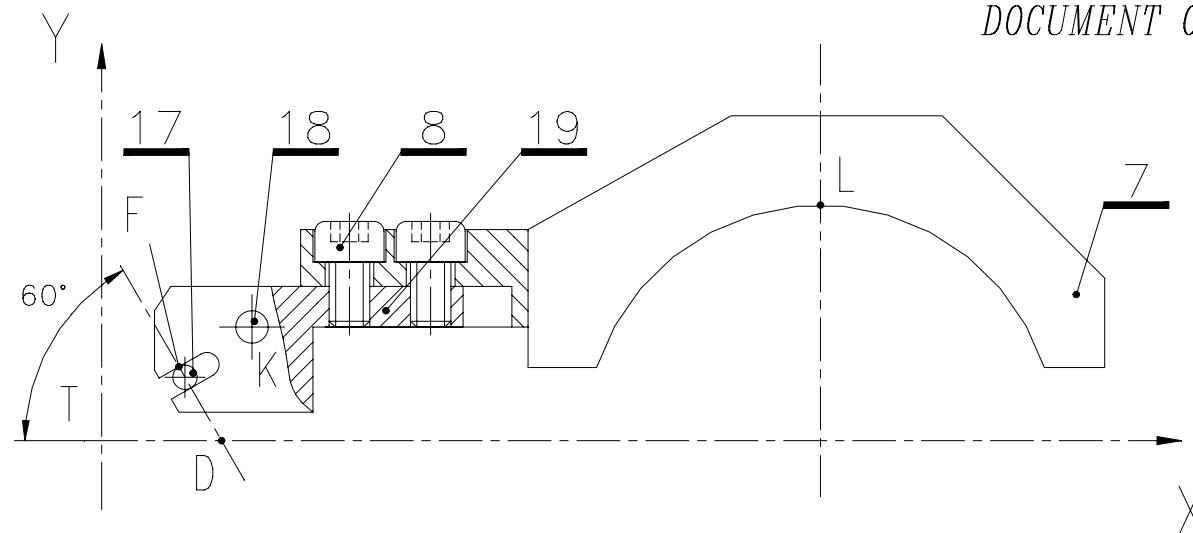


FIGURE 2 Deuxième forme possible

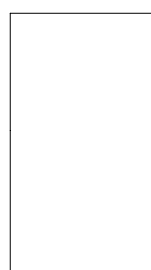
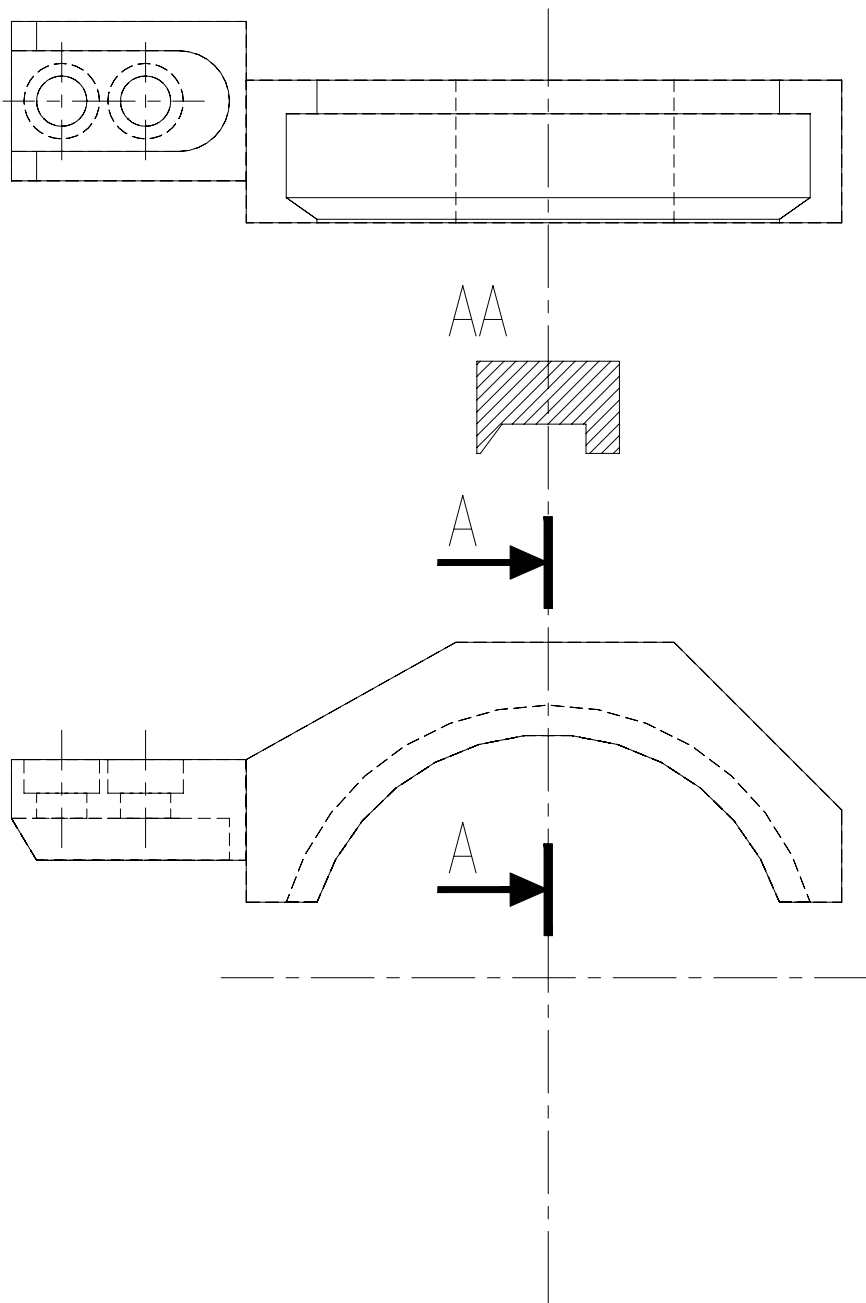



TRAJECTOIRES



K appartient à l'axe de révolution de 18
F point de contact de 17 et 19

EQUILIBRE DU SYSTEME S1



7	1	Mors gauche		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Application de: CELLULE D'ASSEMBLAGE DE ROUL			LYCEE POLYVALENT R. QUENEAU YVETOT	
PINCE DE PREHENSION				
Echelle: 1 : 1			Date:	Nom:

Plan n°	Classe
05	STI

Vue F

Vue partielle: équerre 4,
rondelle de maintien
et vis uniquement.

Vis CHC M5

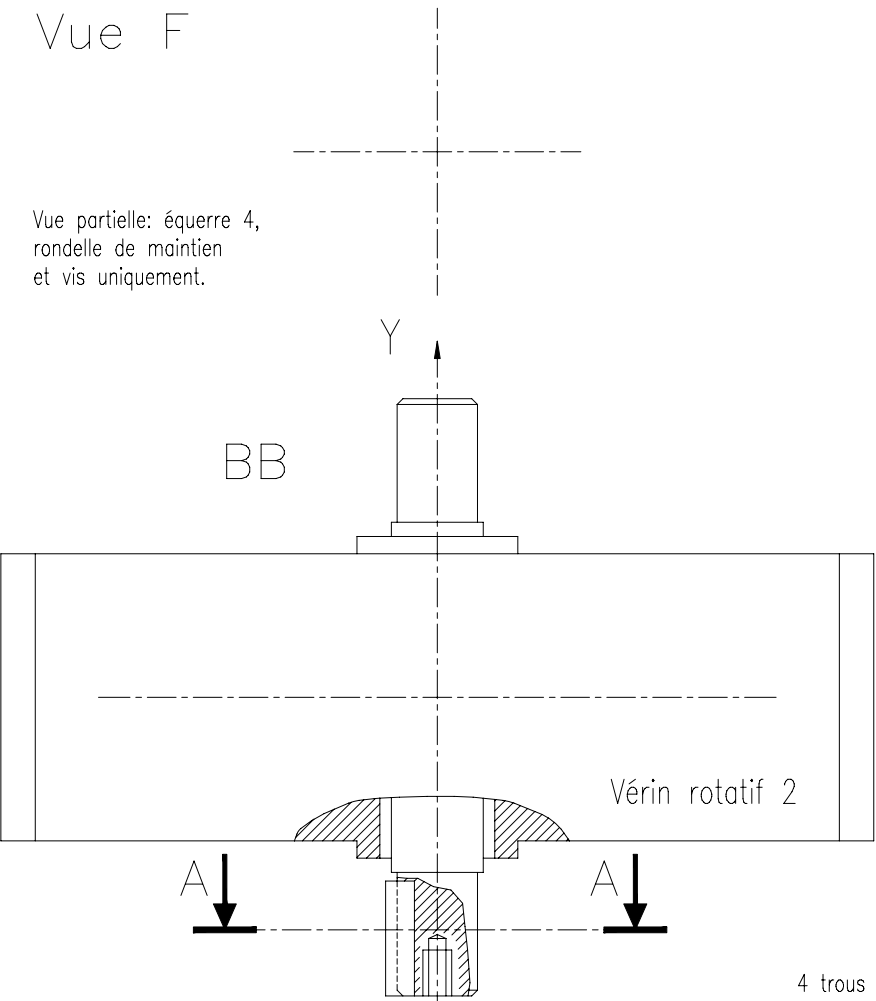
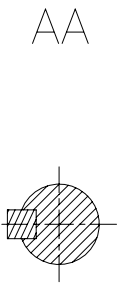
$l=8,10,12,16,20$
 $25,30,35,40$

$\phi 8,5$

DOCUMENTATION DIMENSIONNELLE

Rondelle M5

10



4 trous de fixation M5
profondeur utile 10

