



Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BTS Mécanique et Automatismes Industriels

Session 2010

EPREUVE E4

**CONCEPTION DETAILLEE DE LA
PARTIE OPERATIVE**

Sous-épreuve 41

Dimensionnement et validation des parties opératives

Durée : 3 h

Coefficient : 2

MACHINE D'ASSEMBLAGE DE BUTEES D'AMORTISSEUR

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

Documents remis au candidat :

- **PRESENTATION GENERALE** (feuilles blanches) pages 1 à 3
- **TRAVAIL DEMANDE** (feuilles jaunes) pages 4 à 8
- **DOCUMENTS RESSOURCES** (feuilles vertes) pages 9 à 12

IMPORTANT : il est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à disposition.

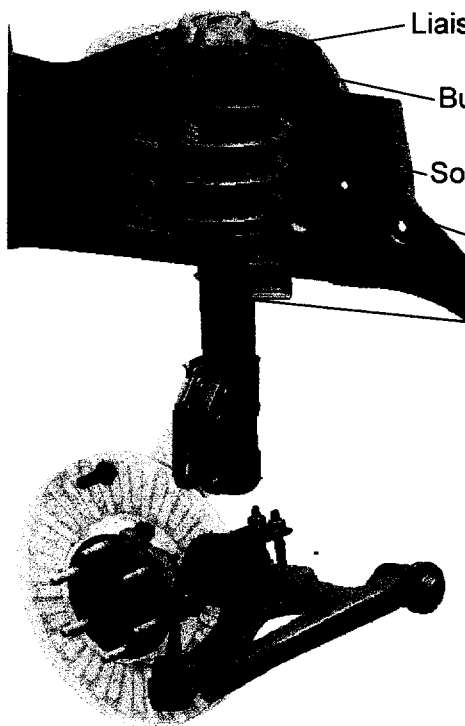
MACHINE D'ASSEMBLAGE DE BUTEES D'AMORTISSEUR

La société SKF, leader mondial de la fabrication de roulements, fabrique des butées d'amortisseur. La machine d'assemblage de ces butées, présentée page 3, fait l'objet de cette étude.

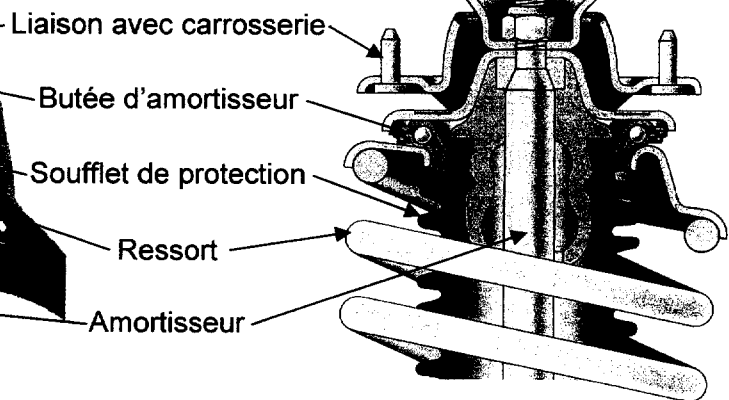
Présentation du produit

Sur les véhicules modernes, la liaison entre chaque amortisseur et la carrosserie est assurée par une butée d'amortisseur à billes. Cet élément étant un organe de sécurité, tous les produits sortant de la machine d'assemblage doivent être conformes. En conséquence, l'assemblage de ceux-ci est effectué avec le plus grand soin et de nombreux contrôles sont intégrés tout au long du processus.

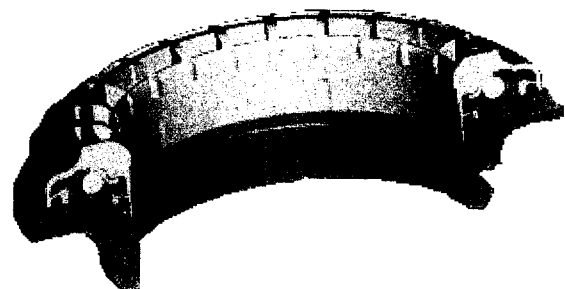
Exemple de suspension



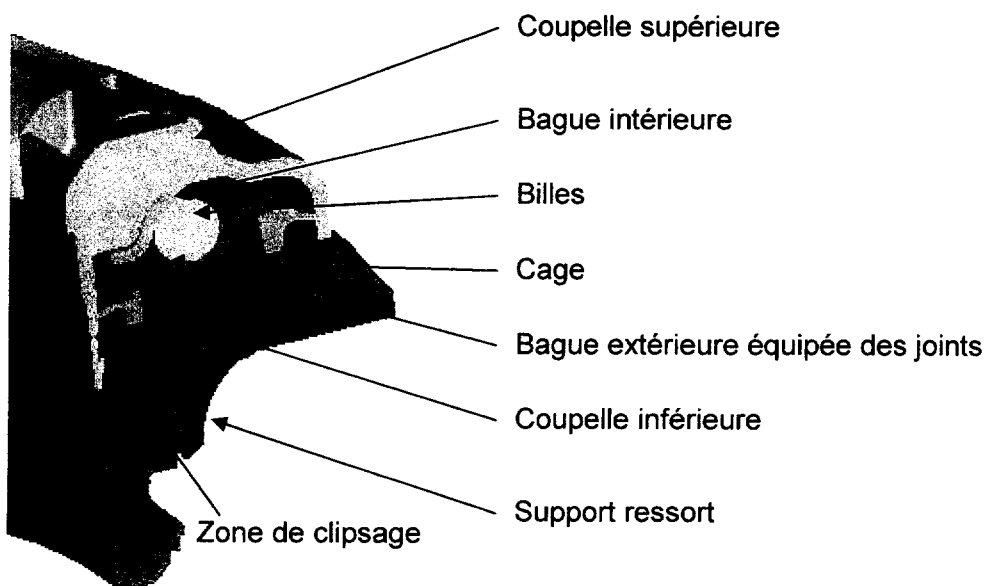
Exemple de liaison



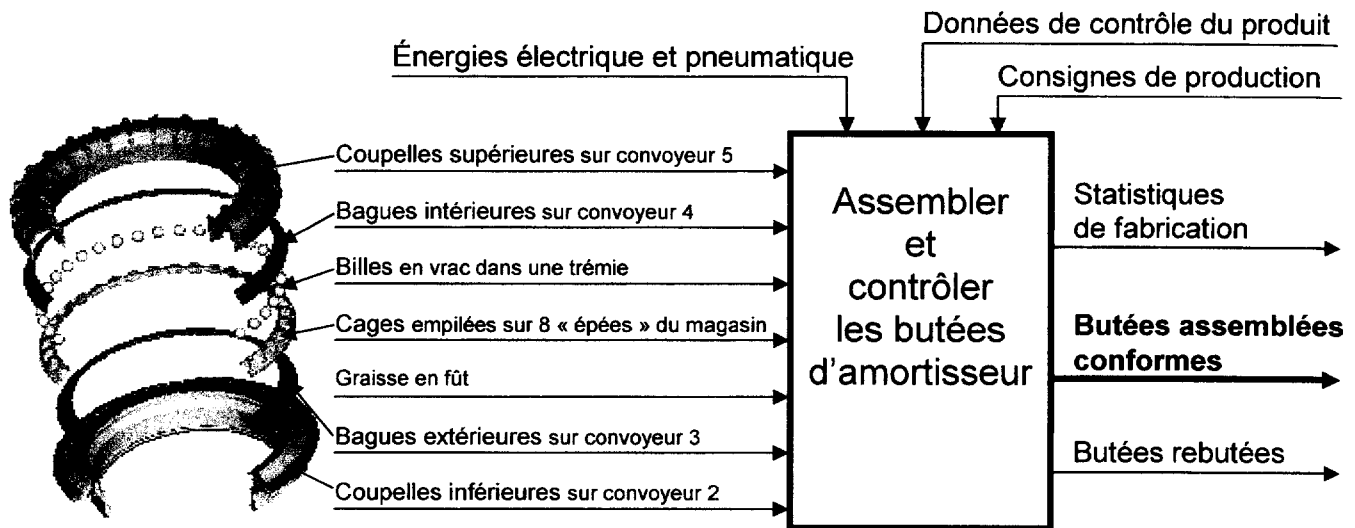
Exemple de butée



Coupe partielle d'une butée



Fonction globale de la machine d'assemblage

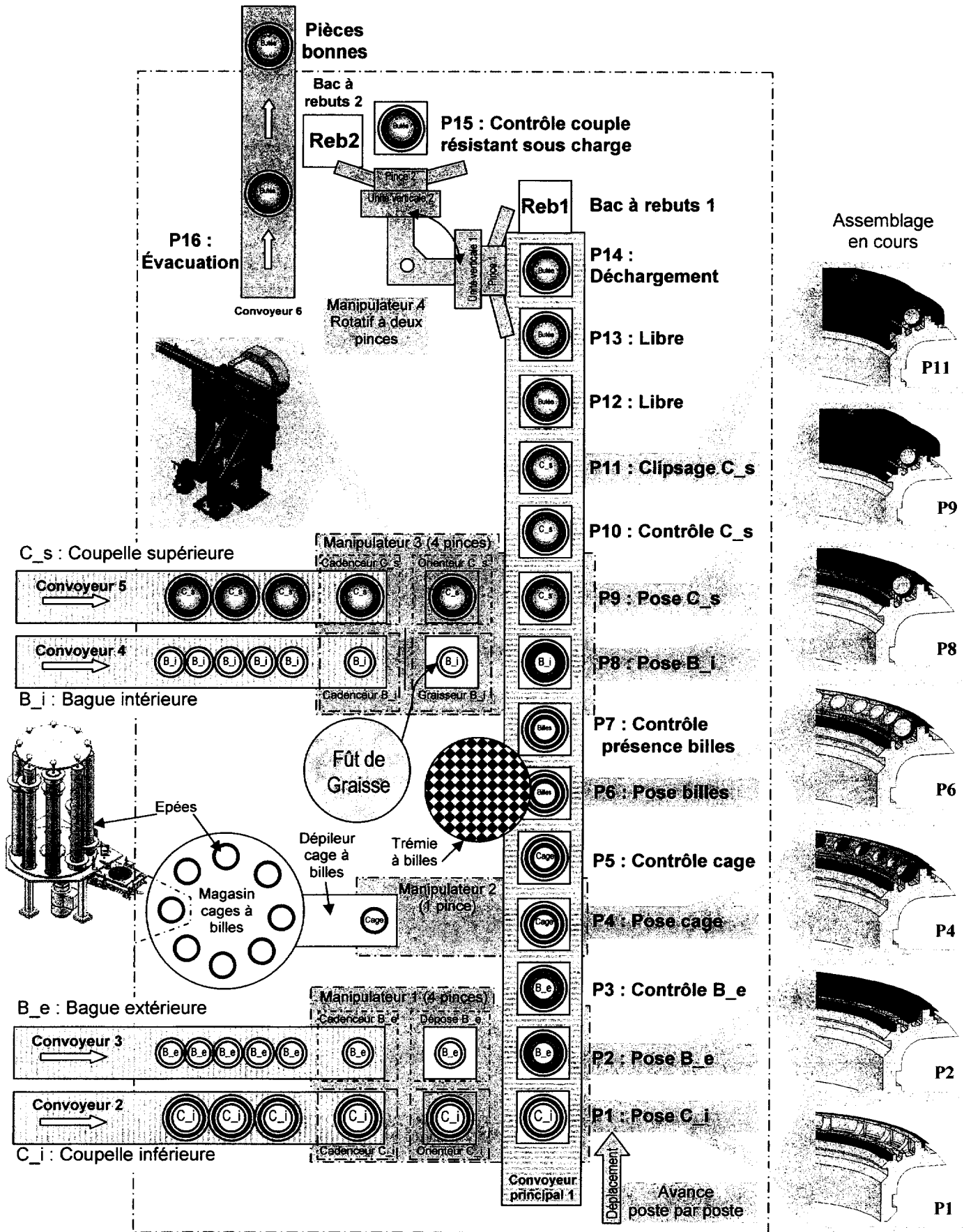


Éléments du cahier des charges fonctionnel

Selon norme NF X 50 -151 : F0 : impératif ; F1 : peu négociable ; F2 : négociable ; FTi : Fonctions techniques

Fonctions	Réalisé par	Critères d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FP1 : Produire à la cadence demandée	Tous les postes	Production Disponibilité	800 butées/h 80% mini	F0
FT1 : Avancer la butée d'amortisseur en cours d'assemblage	Convoyeur principal 1	Précision d'arrêt	0,1 mm	F0
FT2 : Sélectionner une coupelle inférieure	Cadenceur C_i	Ne pas ralentir le cycle		F0
FT3 : Orienter la coupelle inférieure	Orienteur C_i	Précision orientation	0,1 degré	F0
FT4 : Sélectionner une bague extérieure	Cadenceur B_e	Ne pas ralentir le cycle		F0
FT5 : Transférer coupelles inférieures et bagues extérieures sur convoyeur principal 1	Manipulateur 1 (4 pinces)	Précision déplacement	0,1 mm	F0
FT6 : Dépiler et orienter une cage à billes	Magasin cages	Aucune déformation permanente Précision orientation	0,1 degré	F0
FT7 : Transférer une cage à billes	Manipulateur 2 (1 pince)	Précision déplacement	0,1 mm	F0
FT8 : Déposer les billes	Poste 6	99,5% de dépose correcte		F0
FT9 : Contrôler la présence des billes	Poste 7	Aucune bille absente non détectée		F0
FT10 : Graisser la bague intérieure	Graisseur B_i	Angle de dépose	300 degrés	F0
FT15 : Transférer butées assemblées	Manipulateur 4 (2 pinces)	Précision d'arrêt	0,1 mm	F0
FT16 : Contrôler le couple résistant sous charge	Poste 15	Aucune butée non-conforme non détectée		F0
FT17 : Évacuer les butées	Convoyeur 6	Ne pas ralentir le cycle		F0

Synoptique de la machine d'assemblage



A - ÉTUDE DU MANIPULATEUR 4 ROTATIF A DEUX PINCES

MISE EN SITUATION : Voir Présentation générale page 3 et Document ressource page 9.

Les butées d'amortisseur arrivent à l'extrémité du convoyeur principal 1. Les butées contrôlées « mauvaises » aux postes P3, P5, P7 et P10 sont évacuées dans le bac à rebuts 1. Les butées « bonnes » sont déposées sur le poste P15 à l'aide de la pince 1 du manipulateur rotatif 4, pour contrôler le couple résistant sous charge. Si la butée contrôlée est « bonne », elle est évacuée sur le convoyeur 6 à l'aide de la pince 2 du manipulateur rotatif 4. Dans ce cas le manipulateur rotatif effectue une rotation de 90°. Si la butée contrôlée est mauvaise, elle est évacuée par la pince 2 du manipulateur rotatif 4 dans le bac à rebuts 2. Dans ce cas le manipulateur effectue une rotation de 36° puis poursuit sa rotation de 54° pour déposer la pièce de la pince 1 sur le poste P15.

Le manipulateur rotatif est schématisé sur le document ressource page 9.

Le cycle du manipulateur dans le cas de butées sans défauts peut se définir par la succession des tâches suivantes :

- Fermer pinces (saisir butées)
- Monter les butées saisies
- Tourner le bras de +90°
- Descendre les butées saisies
- Ouvrir les pinces (déposer les butées)

Remarque : Le retour en position initiale du manipulateur se fait pendant la tâche de contrôle de couple.

Cadence maxi : 1000 butées / heures

OBJECTIF : Choisir l'unité de rotation pneumatique UR

Données :

- La maquette volumique de l'ensemble S à fixer sur le plateau de l'unité de rotation UR a permis de définir ses caractéristiques ci-dessous :
S = {bras + 2 UTV + 2 pinces + 2 butées} en position « haute » (la plus défavorable).
S = Bras équipé ; UTV = Unité de translation verticale.

Propriétés de masse de Bras équipé (Assembly Configuration - Défaut)

Système de coordonnées de sortie : -- par défaut --

Densité = 3847.895 kg/m³

Masse = 10.793 kg

Volume = 0.003 m³

Superficie = 0.608 m²

Centre de gravité : coordonnées dans R1 (mètres)

X = 0.098

Y = 0.098

Z = 0.162

Axes d'inertie principaux (coordonnées dans R1)

et moments d'inertie principaux : (kg.m²) pris au centre de gravité.

$$I_x = (-0.707, 0.707, 0.000) \quad P_x = 0.159$$

$$I_y = (0.257, 0.257, 0.932) \quad P_y = 0.261$$

$$I_z = (0.659, 0.659, -0.353) \quad P_z = 0.383$$

Moments d'inertie : (kg.m²)

Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

$$L_{xx} = 0.263 \quad L_{xy} = -0.104 \quad L_{xz} = 0.029$$

$$L_{yx} = -0.104 \quad L_{yy} = 0.263 \quad L_{yz} = 0.029$$

$$L_{zx} = 0.029 \quad L_{zy} = 0.029 \quad L_{zz} = 0.277$$

} MATRICE D'INERTIE en G,
dans la base (X₁, Y₁, Z₁)

Moments d'inertie: (kg.m²)

Pris au système de coordonnées de sortie.

$$I_{xx} = 0.649 \quad I_{xy} = 0.000 \quad I_{xz} = 0.200$$

$$I_{yx} = 0.000 \quad I_{yy} = 0.649 \quad I_{yz} = 0.200$$

$$I_{zx} = 0.200 \quad I_{zy} = 0.200 \quad I_{zz} = 0.485$$

} MATRICE D'INERTIE en O,
dans la base (X₁, Y₁, Z₁)

PROBLÈME TECHNIQUE A1 : Déterminer les charges supportées par l'unité

Hypothèses et données :

- Dans une première approche, on négligera les effets dynamiques pour déterminer les charges supportées par l'unité de rotation.
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Le centre de la liaison encastrement Unité de Rotation / S sera pris en O.

Question 1 :

Faire le bilan, sous forme de torseurs, des actions mécaniques agissant sur S, dans le repère R1 lié à S.

Question 2 :

Déterminer, en appliquant le principe fondamental de la statique, les actions mécaniques agissant sur S.

Hypothèse : Pour ne pas négliger totalement les effets d'inertie on adopte un coefficient de sécurité $s = 1,5$.

Représenter en O, à main levée, les coordonnées (X, Y, Z flèche avec un trait, L, M, N flèche avec deux traits) du torseur de l'action mécanique de S sur l'unité de rotation UR (préalablement esquissée).

Question 3 :

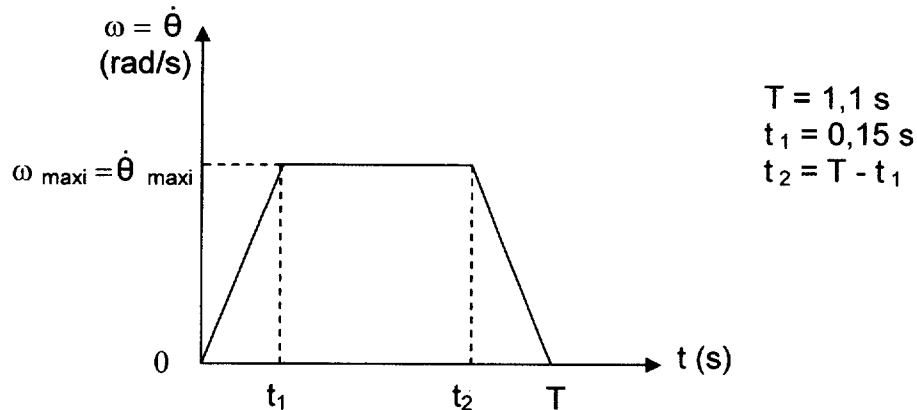
En utilisant les documents ressources pages 10 à 12, choisir l'unité qui convient (version avec position intermédiaire). Justifier le choix. Donner sa référence.

Nota : Dans la documentation technique, la « charge radiale des roulements » correspond au moment résultant en O, normal à l'axe de rotation OZ.

PROBLEME TECHNIQUE A2 : Détermination du moment moteur

Hypothèses :

- $R_0 (O, X_0, Y_0, Z_0)$ le repère fixe est supposé galiléen
- Pour respecter de la cadence on dispose de 1,1 s pour effectuer une rotation de 90° .
- Ci-dessous on donne la loi de la vitesse en fonction du temps.



Question 4 :

Déterminer $\dot{\omega} = \ddot{\theta}$ durant la phase d'accélération.

Question 5 :

Nota : Quel que soit le résultat de la question 3, on prendra l'unité de rotation OSE-C-34

Déterminer J_T le moment d'inertie / à l'axe OZ du système S et des éléments mobiles de l'unité.

Question 6 :

Quels que soient les résultats précédents on prendra $J_{T/OZ} = 5000 \text{ kg.cm}^2$ et $\ddot{\theta} = 10 \text{ rad/s}^2$.

En appliquant, à l'ensemble en rotation / à R_0 , le théorème du moment dynamique en projection sur l'axe OZ, déterminer le moment moteur nécessaire au cours de la phase d'accélération. L'unité choisie convient-elle ? Dans le cas contraire, que proposez-vous ?

B- Validation de la conception du pied de clipsage S3.60

Les butées arrivent sur le poste de clipsage P11 (Figure 1).

Ce clipsage évitera le démontage de la butée d'amortisseur lors de ses manipulations.

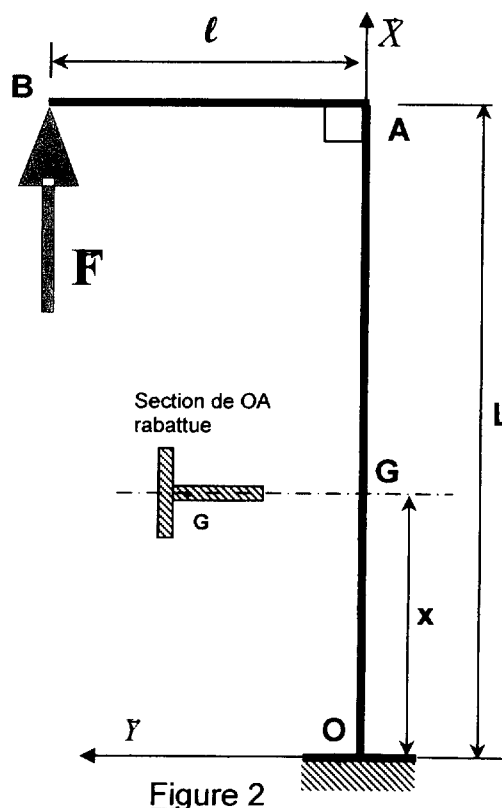
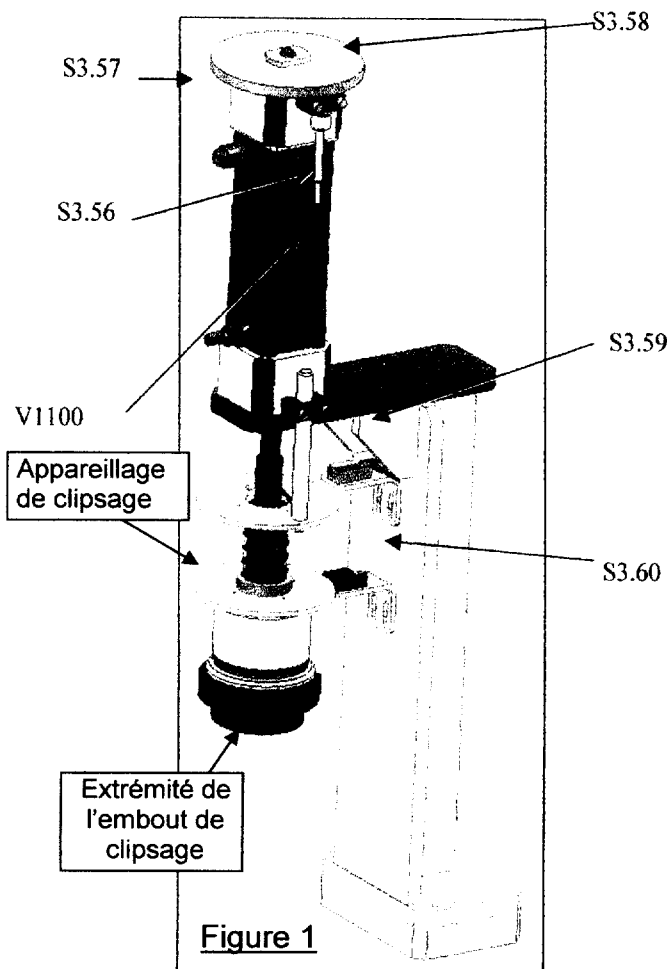
Un vérin (repère **V1100**) exerce un effort vertical théorique de 168,2 daN pour clipser la coupelle supérieure sur la coupelle inférieure.

Le vérin est fixé rigidement sur un pied (repère S3.60) en acier mécanosoudé.

La disposition des éléments sur la machine a conduit le concepteur vers une solution en « porte-à-faux ».

Hypothèses et données :

- Les hypothèses générales de la résistance des matériaux appliquée aux poutres sont applicables.
- L'étude sera faite dans le plan (O, \vec{X}, \vec{Y}) de la figure 2.
- La poutre OA est de section en T constante et de longueur L.
- La poutre AB est de longueur ℓ .
- L'action de clipsage est notée \vec{F} .
- Les poutres OA et AB sont encastées en A.
- L'acier utilisé est tel que :
 - R mini = 340 MPa
 - R e mini = 225 MPa



PROBLÈME TECHNIQUE B1 : Valider la section de la poutre OA.

Question 7 :

Déterminer, en fonction de ℓ, L et $\|\vec{F}\|$, le torseur de cohésion dans une section quelconque de la poutre OA (section en G, situé à la hauteur x du plan horizontal). Tracer les diagrammes correspondants.

Question 8 :

En déduire :

- la nature des sollicitations dans la poutre OA,
- la ou les sections les plus sollicitées.

Question 9 :

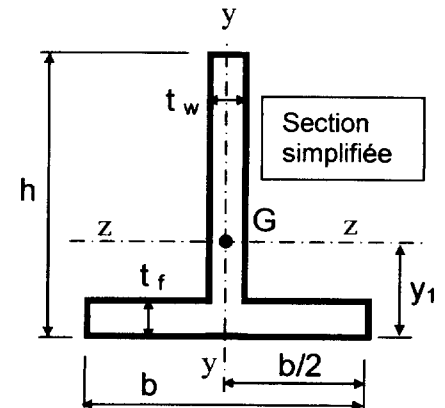
Le choix d'une section constante pour la poutre OA est-il adapté ? Justifier votre réponse. Quelle est la nature de la déformée ?

PROBLÈME TECHNIQUE B2 : Vérifier le profilé choisi

Le concepteur a utilisé un profilé en T à ailes égales de 70 x 70 x 8 ayant les caractéristiques ci-dessous (extrait de catalogue) :

TES A AILES EGALES ET A COINS ARRONDIS

b mm	h mm	t _w mm	t _f mm	kg /m	S cm ²	y ₁ mm	I _{yy} cm ⁴	I _{zz} cm ⁴	I torsion cm ⁴
50	50	5	5	3,75	4,76	13,5	4,98	10,23	0,435
50	50	6	6	4,44	5,66	13,9	6,06	12,10	0,757
60	60	7	7	6,25	7,94	16,6	12,11	24,48	1,421
70	70	8	8	8,34	10,9	19,3	21,96	44,38	2,478
80	80	9	9	10,73	13,64	22,0	36,86	74,76	4,036



La section la plus sollicitée est soumise à un effort normal

N = 1682 N et à un moment fléchissant **M_{fz} = 345 Nm**.

Rappels : $\sigma = \frac{N}{S}$ $\sigma_{max i} = \frac{M_{f max i}}{(I_{Gz} / v)}$

v = distance de la fibre la plus éloignée du plan des fibres neutres

Question 10 :

Représenter la répartition des contraintes dans la section droite dues à l'effort normal seul, puis au moment fléchissant seul. Indiquer les valeurs extrêmes.

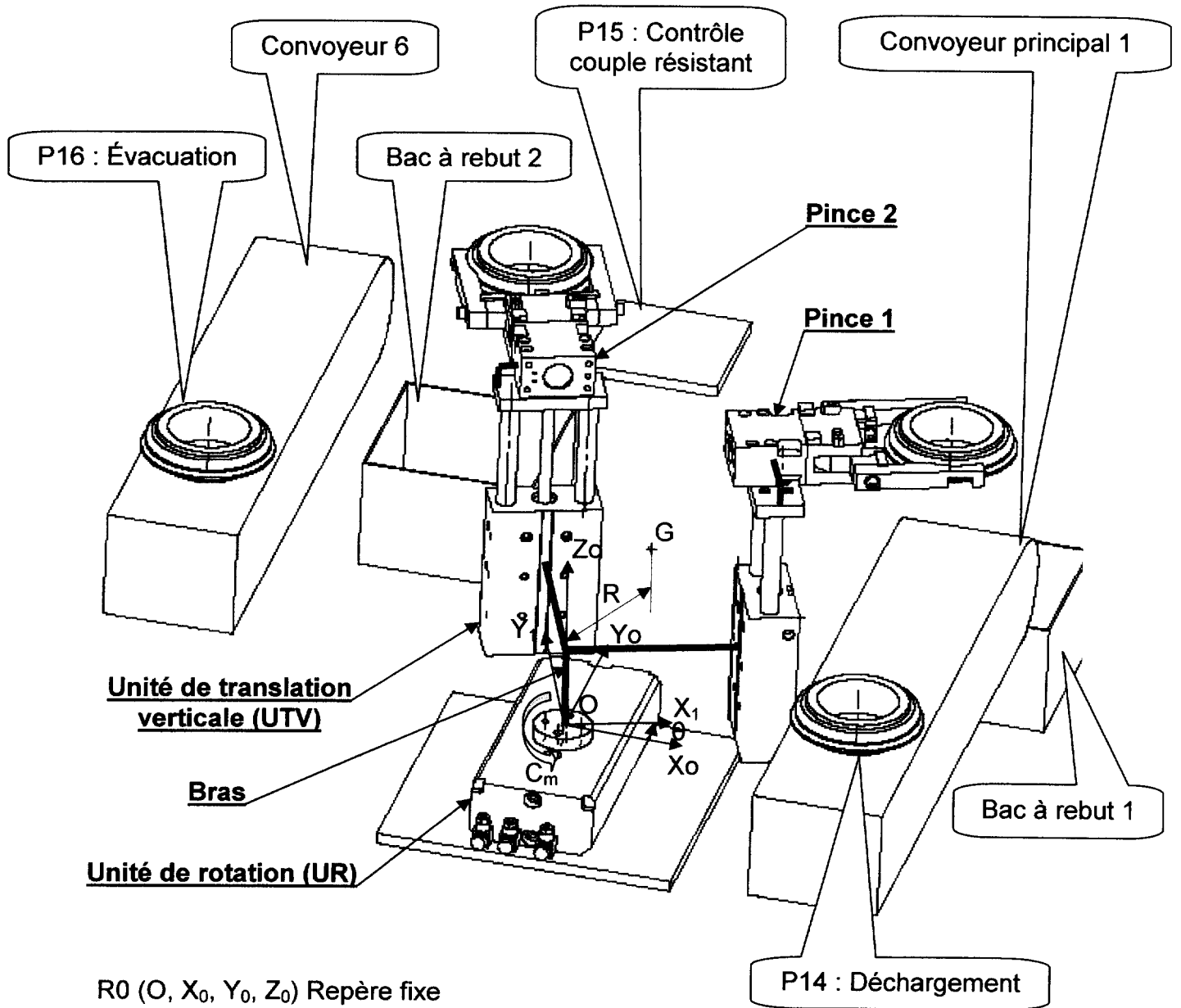
Superposer ces contraintes et en déduire $\sigma_{max i}$ la contrainte normale maximale.

Question 11 :

En prenant $\sigma_{max i} = 40$ MPa déterminer s le coefficient de sécurité.

En admettant que $s > 6$ permettrait une rigidité du pied compatible avec un bon clipsage, peut-on valider le Té de 70 ? Sinon que proposez-vous ?

SCHÉMATISATION DU MANIPULATEUR 4 ROTATIF A DEUX PINCES





OSE 22

OSE 22: unité de rotation										
Type	Référence	Couple à 6 bar	Conduites	Charge axiale des roulements	Charge radiale des roulements	Consommation d'air par cycle (2 x 180°)	Tps d'un rotation sans charge (1 x 180°)	Masse	Moment d'inertie	Répétabilité
OSE-A 22	354 200	1,5 Nm	0	800 N	10,4 Nm	19 cm ³	0,2 s	0,9 kg	16 kg cm ²	0,07°**
OSE-B 22	354 210	1,5 Nm	0	800 N	10,4 Nm	19 cm ³	0,2 s	1,1 kg	26 kg cm ²	0,07°**
OSE-C 22	354 220	1,5 Nm	0	800 N	10,4 Nm	19 cm ³	0,2 s	1,25 kg	27 kg cm ²	0,07°**

* décalage de fin de course après 100 cycles répétitifs
** correspond à 0,03 mm pour r = 25 mm

OSE-A 22

Version de base, angle de rotation 0 - 180°

⊕ = raccordement d'air

118,5
12,5
10
8,8
6
12
11
6,7
2
47
64
44
38
10
4,5
7
18
4,5
96
22,5
48
56 ± 0,02
4,5
13
11
12
17
M8
Douille de centrage (peut être retirée)
Vis d'ajustage (2 x)
Raccord - M 5
M5, profondeur 5

⤵
sens de rotation à droite

OSE-B 22

Version avec angle de rotation réglable en continu
Attention en cas de l'angle de rotation inférieur à 90°, le pignon est tourné de 90°.

⊕ = raccordement d'air

143
31
16
20,5
11
12
11
12
17
M8
Tige du réglage pour l'armateur
Raccord - M 5
M5, profondeur 5

OSE-C 22

Version avec position intermédiaire à 90° (0 - 90 - 180°)

⊕ = raccordement d'air

138,5
12,5
30
5
47
51,5
64
44
38
10
4,5
7
25
4,5
22
11
12
17
M8
Douille de centrage (peut être retirée)
Vis d'ajustage (2 x)
Raccord - C
Raccord - M 5
M5, profondeur 5

Commande pneumatique

```

    graph TD
      A[A] --- PR1[PR]
      B[B] --- PR2[PR]
      C[C] --- PR3[PR]
      A --- B
      B --- C
      C --- A
  
```





OSE 34

OSE 34: unité de rotation

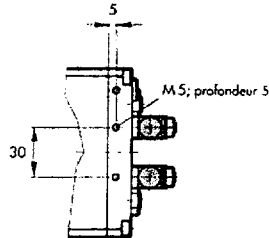
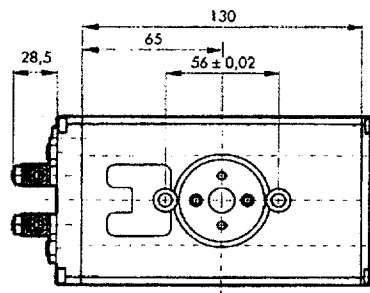
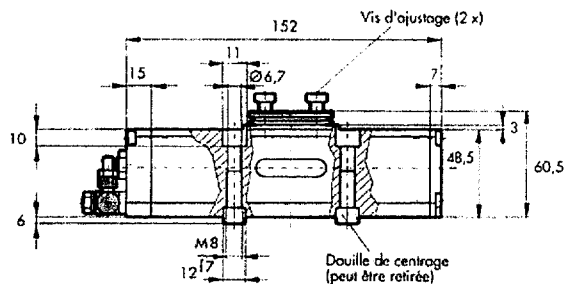
Type	Référence	Couple à 6 bar	Conduites	Charge axiale des roulements	Charge radiale des roulements	Consommation d'air par cycle (2 x 180°)	Tps d'un rotation sans charge (1 x 180°)	Masse	Moment d'inertie	Répétabilité
OSE-A 34	354 300	6,5 Nm	0	1500 N	30,8 Nm	71 cm ³	0,33 s	2,3 kg	67 kg cm ²	0,07° ..
OSE-B 34	354 310	6,5 Nm	0	1500 N	30,8 Nm	71 cm ³	0,33 s	2,7 kg	104 kg cm ²	0,07° ..
OSE-C 34	354 320	6,5 Nm	0	1500 N	30,8 Nm	71 cm ³	0,33 s	2,9 kg	113 kg cm ²	0,07° ..

* décalage de fin de course après 100 cycles répétitifs
 ** correspond à 0,03 mm pour r = 25 mm

OSE-A 34



Version de base,
angle de rotation
0 - 180°



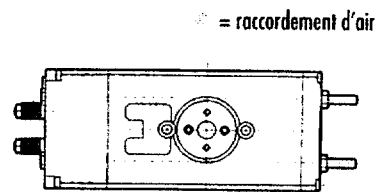
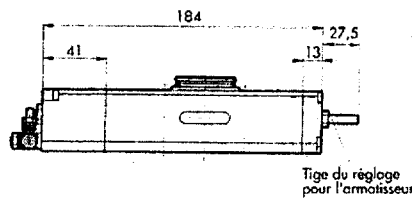
sens de rotation
à droite

= raccordement d'air

OSE-B 34



Version avec angle de rotation
réglable en continu
Attention en cas de l'angle de rotation inférieur
à 90°, le pignon et tourné de 90°.

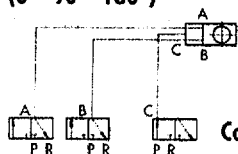


= raccordement d'air

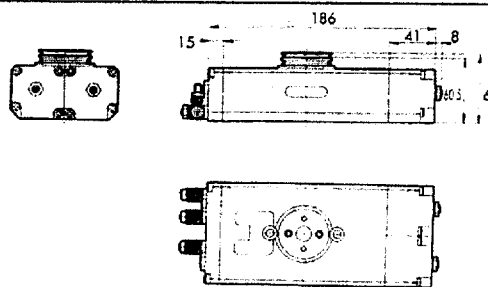
OSE-C 34



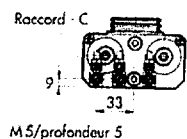
Version avec position intermédiaire à 90°
(0 - 90 - 180°)



Commande pneumatique



= raccordement d'air





OSE 40

OSE 40: unité de rotation										
Type	Référence	Couple à 6 bar	Conduites	Charge axiale des roulements	Charge radiale des roulements	Consommation d'air par cycle (2 x 180°)	Tps d'un rotation sans charge (1 x 180°)	Masse	Moment d'inertie	Répétabilité
OSE-A 40	354 400	11,5 Nm	0	2900 N	38,8 Nm	126 cm ³	0,8 s	4,2 kg	188 kg cm ²	0,07°**
OSE-B 40	354 410	11,5 Nm	0	2900 N	38,8 Nm	126 cm ³	0,8 s	5,0 kg	322 kg cm ²	0,07°**
OSE-C 40	354 420	11,5 Nm	0	2900 N	38,8 Nm	126 cm ³	0,8 s	5,1 kg	307 kg cm ²	0,07°**

* décalage de fin de course après 100 cycles répétitifs
** correspond à 0,03 mm pour r = 25 mm

OSE-A 40

Version de base, angle de rotation 0 - 180°

⊗ = raccordement d'air

108, Ø60, Ø53, Ø13, 5,5, 7, 9, 32, Raccord - G 1/8"

194, 15, Ø15, Ø8,5, 7, 3, 56,5, 68,5, 5, M10, Ø14, Douille de centrage (peut être retirée), Vis d'ajustage (2 x)

172, 28,5, 86, 70 ± 0,02, 5, M5; profondeur 5, 32

⤵ sens de rotation à droite

OSE-B 40

Version avec angle de rotation réglable en continu
Attention en cas de l'angle de rotation inférieur à 90°, le pignon et tourné de 90°.

⊗ = raccordement d'air

244, 55, 17, 34,5, Tige du réglage pour l'armoiseur

OSE-C 40

Version avec position intermédiaire à 90° (0 - 90 - 180°)

⊗ = raccordement d'air

234, 15, 47, 8, 68,5, 73, Raccord - C, 8, 40, 5, M5/profondeur 5, 40

Commande pneumatique

A, B, C, A, B, C, PR, PR, PR