

Nombre de pages : 6

Durée : 4 heures

Calculatrices et documents : calculatrices autorisées

**SUJET A RENDRE A LA FIN
DE L'EPREUVE**

COMMENCEZ par inscrire vos noms et prénoms, le centre de passage de l'examen et le numéro de votre place sur chaque copie que vous rendrez.

Les surveillants ont pour consigne d'exclure du concours tout candidat qui tente de vouloir copier sur un de ses voisins, d'accéder à des documents quels qu'ils soient, ou d'écrire avant le signal de départ ou après le signal de fin de l'épreuve

Exercice 1 : Mandrin Anti-Centrifuge

1 – INTRODUCTION

Les machines-outils et centres d'usinage actuels ont de grandes capacités de production. En dehors du progrès décisif de la « commande numérique » CN, ces machines sont en fait l'aboutissement d'une progressive évolution technologique qui a consisté principalement à élever les vitesses de coupe, augmenter la précision et la durée de vie des outils et des broches, mieux assurer la fixation des pièces alors même que les efforts de coupe progressaient largement.

L'augmentation sensible des vitesses de rotation et des accélérations des broches fut une des améliorations parmi les plus importantes et les plus délicates à maîtriser. Furent aussi largement développées les solutions hydrauliques, plus fiables dans la mise en œuvre des efforts et le contrôle de leur variation.

C'est dans cette perspective que se situe l'étude du mandrin anti-centrifuge d'un tour à commande numérique, dont un dessin simplifié est représenté sur la figure 1.

2 – MODELE

➤ Repères

$R_0 (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ un repère galiléen lié au bâti 0 du tour.

$R (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}_0)$ un repère lié au corps du mandrin 1, en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0) avec le bâti 0

$\vec{\Omega}(1/0) = \omega \vec{z}_0$ où ω est une constante positive dans la phase de mouvement étudiée.

➤ **Levier 3, avec sa masselotte**

Le levier 3 a une liaison pivot sans frottement d'axe (P, \vec{y}) avec le corps du mandrin 1.

$$O\vec{P} = a \vec{x} \quad a = 86 \text{ mm}$$

Ce levier est immobile par rapport au corps du mandrin, dans la position de la **figure 1**.

Masse : $m_3 = 1,145 \text{ kg}$

Centre d'inertie G_3 : $P\vec{G}_3 = x_3 \vec{x} + z_3 \vec{z}_0$ avec $x_3 = -8 \text{ mm}$ et $z_3 = -18 \text{ mm}$

Matrice d'inertie au point P, dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}_0)$: $I_p(3) = \begin{bmatrix} A & 0 & -E \\ 0 & B & 0 \\ -E & 0 & C \end{bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}_0)}$

$$A = 738 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2 \quad B = 912 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2 \quad C = 423 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2 \quad E = 117 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

➤ **Porte mors 4**

Le porte mors 4 a une liaison glissière sans frottement de direction \vec{x} avec le corps du mandrin 1. La liaison entre le levier 3 et le porte mors 4 est ponctuelle sans frottement de normale (K, \vec{x})

$$c = \vec{z}_0 \cdot P\vec{K} \quad c = 11 \text{ mm}$$

Masse : $m_4 = 0,6 \text{ kg}$

Centre d'inertie G_4 : $O\vec{G}_4 = x_4 \vec{x} + z_4 \vec{z}_0$ $x_4 = 82 \text{ mm}$ $z_4 = 33 \text{ mm}$

➤ **Mors 5**

Le mors 5, assimilé à un parallélépipède rectangle, est positionné par rapport au porte mors 4 par des stries à 90 degrés, de direction \vec{y} . Le maintien du contact est assuré par deux vis.

Masse : $m_5 = 0,9 \text{ kg}$

Centre d'inertie G_5 : $O\vec{G}_5 = x_5 \vec{x} + z_5 \vec{z}_0$ $x_5 = 70 \text{ mm}$ $z_5 = 78 \text{ mm}$

Le mandrin possède trois mors à 120° avec des dispositifs de serrage identiques. La centrale hydraulique du tour crée sur la tête du vérin 2 un effort axial de 32400 N (alors $Z_{23} = -10800 \vec{z}_0$). La liaison entre la tête du vérin 2 et le levier 3 est ponctuelle sans frottement de normale (J, \vec{z}_0) et $b = \vec{x} \cdot P\vec{J}$ avec $b = 44 \text{ mm}$

On supposera qu'aucun outil n'agit sur la pièce 6 et on adoptera pour modélisation des pressions de contact, d'une part de la pièce 6 sur le mors 5, et d'autre part, du porte mors 4 sur le mors 5 celles indiquées sur la **figure 2**.

Dans toute la résolution du problème, l'action mécanique de la pesanteur est négligée.

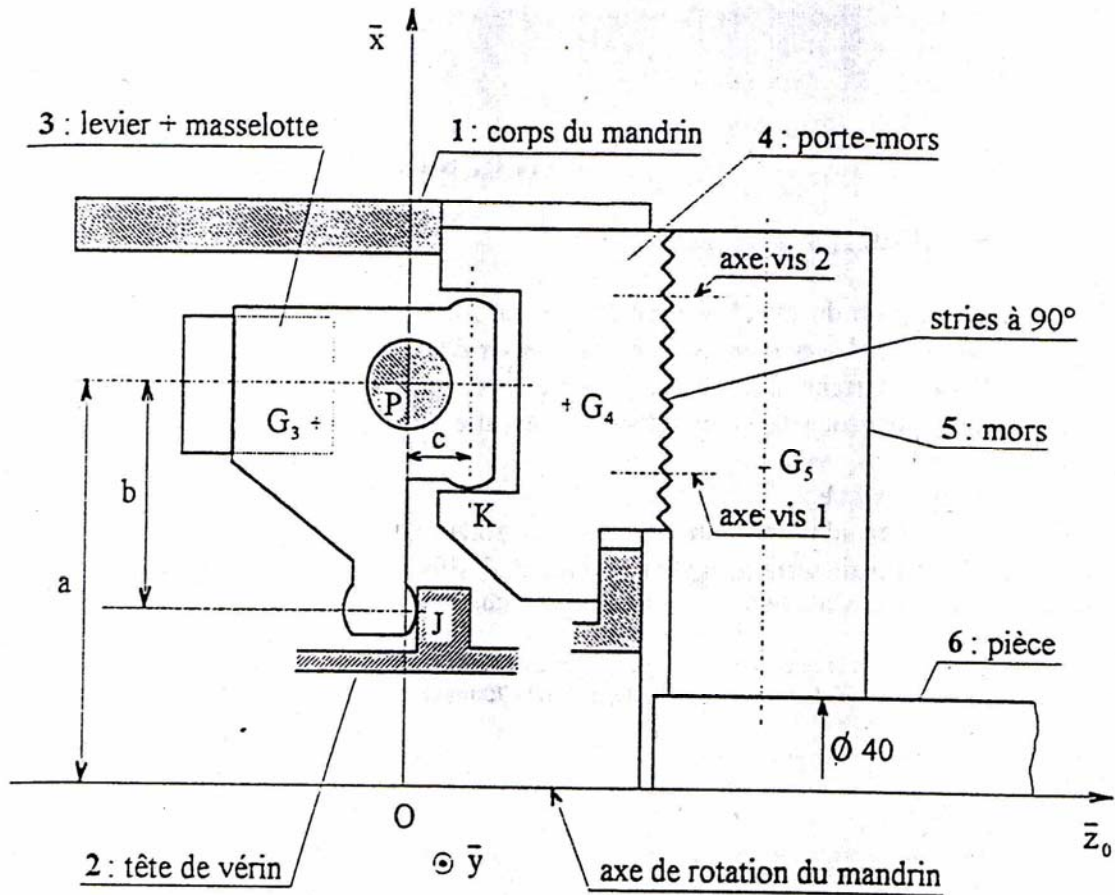


Figure 1

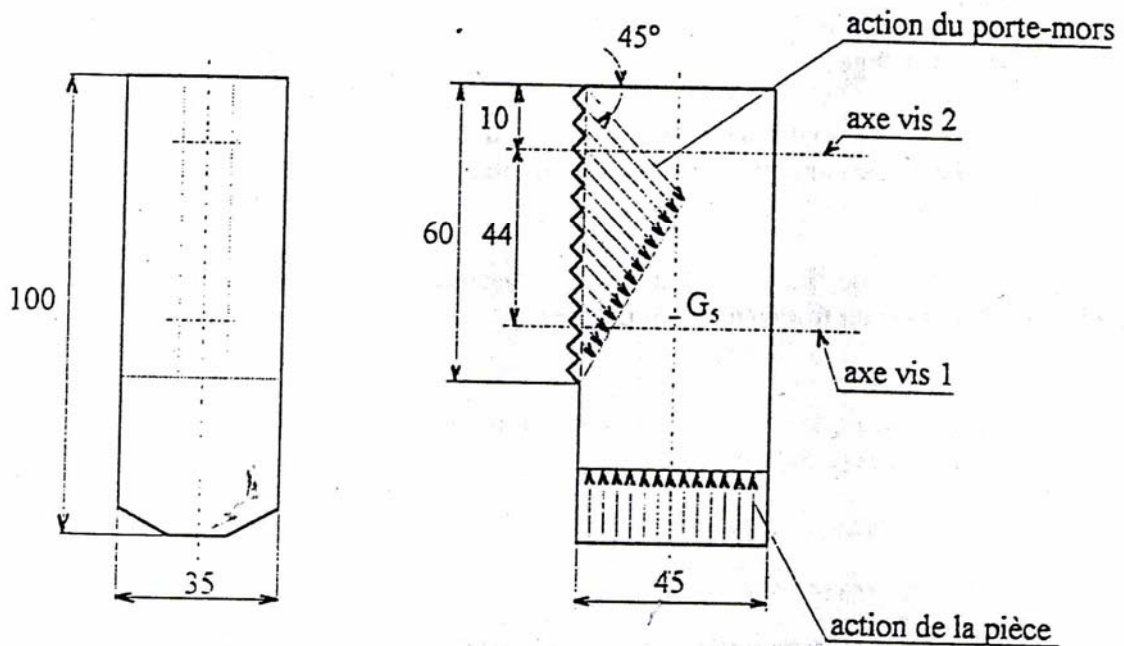


Figure 2

3 – QUESTIONS

Partie A : Compréhension du mécanisme

1. Faites le graphe de liaisons du mécanisme (solides, liaisons, points d'applications et axes)

Partie B : Etude Statique Graphique

Le but de cette partie est de déterminer l'effort théorique de serrage exercé par le mors sur la pièce à usiner.

1. Suivant quel axe s'applique la force des mors sur la pièce ?
2. Soit $\vec{X}_{4/3}$ la force exercée par 4 sur 3 suivant \vec{x} , comparez $\vec{X}_{4/3}$ et $\vec{X}_{6/5}$
3. On isole maintenant la pièce 3, faites un bilan des forces s'exerçant sur 3 ?
4. Par méthode graphique, déterminez $\vec{X}_{6/5}$. (vous ferez apparaître votre construction graphique et les explications de la construction sur le **document réponse 1**)
5. En déduire l'action du mors sur la pièce.

Partie C : Elément d'inertie

1. Lors de la mise en rotation rapide du mandrin, que risque-t-il d'arriver aux pièces 4 et 5. Que peut-on en déduire sur le serrage de la pièce à usiner ?
2. Déterminez la position du centre d'inertie G de l'ensemble de masse M constitué par le porte-mors 4 et le mors 5

On notera désormais r la distance entre G et l'axe de rotation du mandrin.

Partie D : Effet centrifuge

La mise en rotation du mandrin a pour effet de modifier le serrage initial de la pièce. **Dans cette partie**, l'action du levier 3 sur le porte-mors est supposée constante et la liaison glissière parfaite. Le but de cette partie est de déterminer la perte théorique de l'effort de serrage en fonction de la vitesse de rotation.

1. Faites un bilan des forces sur le système {4+5}. On présentera ce bilan en utilisant les torseurs d'action mécanique. On prendra comme notation :

Torseur de l'action α sur β au point M :

$$[F_{\alpha/\beta}]_M = \begin{bmatrix} X_{\alpha/\beta} & L_{\alpha/\beta} \\ Y_{\alpha/\beta} & M_{\alpha/\beta} \\ Z_{\alpha/\beta} & N_{\alpha/\beta} \end{bmatrix}$$

avec $X_{\alpha/\beta}$ la force de α sur β suivant \vec{x}
et $L_{\alpha/\beta}$ moment de α sur β suivant \vec{x}

2. Déterminez l'expression de $\vec{a}_{R_0}(G)$
3. L'étude de la perte de l'effort de serrage peut se limiter à un seul axe, lequel ?
4. Appliquez le théorème de la résultante et donnez une expression de $X_{6/5}$ en fonction de $X_{3/4}$, M , r et ω
5. Donnez la valeur de serrage du mors pour une vitesse de rotation de 3000tr/min
6. Quelle est la vitesse de rotation maximale si on accepte une perte théorique de serrage d'un tiers de l'effort de serrage initial ?

NB : pour les deux questions d'application numérique on prendra une valeur théorique de serrage de 40 000 N, une masse M de {4+5} de 1,5 kg et le centre de gravité de {4+5} a une distance de 70 mm de l'axe de la broche.

Partie E : Système anti-centrifuge

En réalité, lors de la rotation du mandrin, l'action de la pièce 3 sur le porte-mors n'est pas constante.

1. Proposez une explication de ce phénomène en vous aidant de la position du point G_3 .
2. Suivant le même système de notation qu'à la partie D, faites un bilan des forces sur {3} au point P

Cette fois ci, l'étude porte sur la rotation de la pièce 3 lors de la rotation du mandrin. On s'intéressera donc uniquement à l'équation du moment dynamique suivant \vec{y} .

3. Calculez $\vec{\delta}_p(3/R_0)$

NB : pour cette question on prendra pour $\vec{V}_{R_0}(G_3) = \begin{vmatrix} 0 \\ a.\omega \\ 0 \end{vmatrix}$ dans le repère R (la vitesse de rotation de 3/1 est

considérée très lente)

Exercice 2 : Moto-Réducteur

Le plan ci-dessous présente la vue de face d'un moto-réducteur de vitesse à deux étages et à arbre creux.

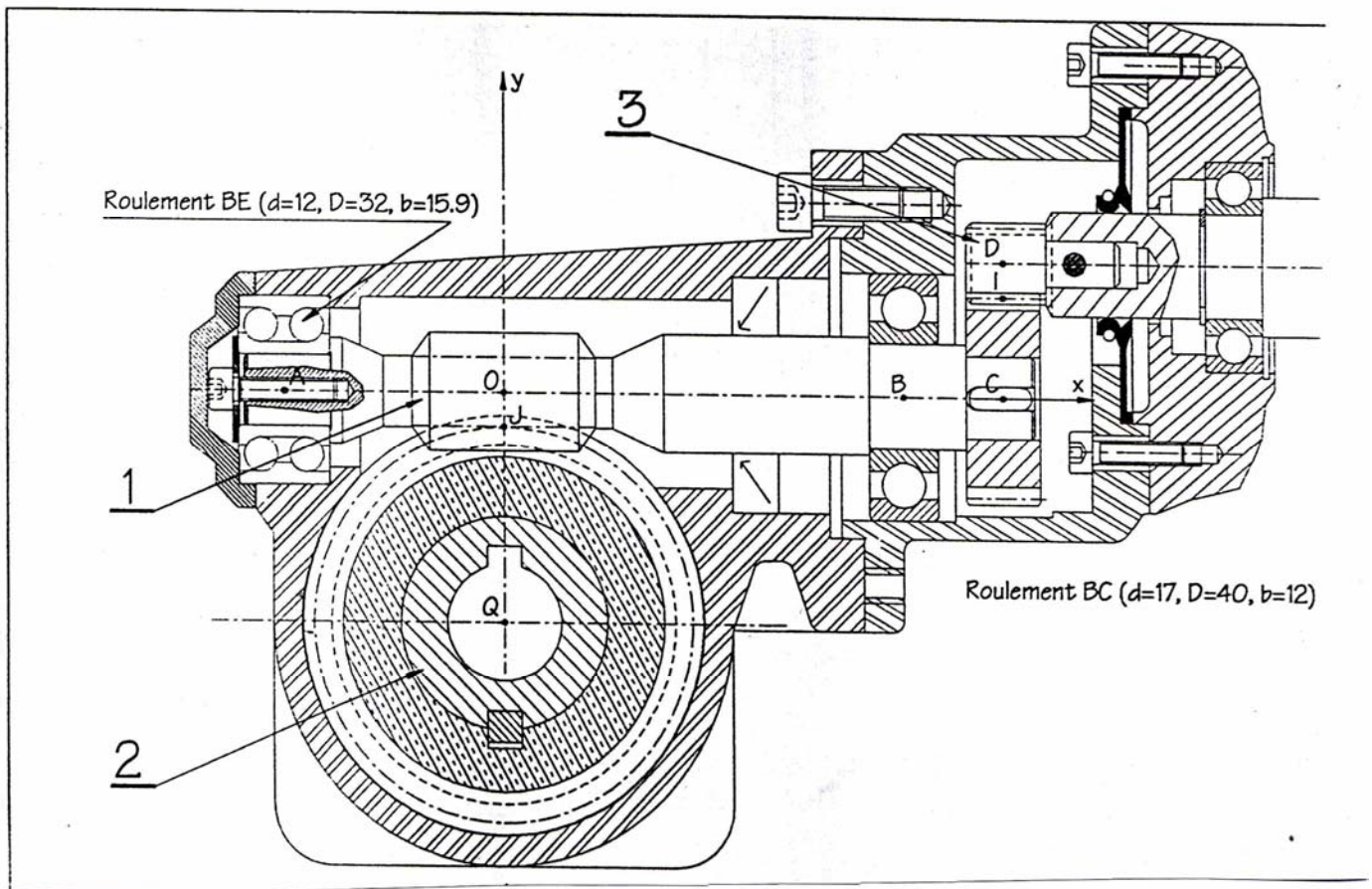


Figure 3

1. Expliquez en 5 lignes maximum le fonctionnement de ce moto-réducteur. Vous ferez apparaître dans votre explication les termes : mouvement d'entrée, réduction, dentures droites, dentures hélicoïdales, vis sans fin, mouvement de sortie et arbre creux.
2. Donnez la désignation et la fonction des éléments donnés sur le document réponse 2
3. En vous aidant des documents techniques pages 1 et 2 donnez :
 - la désignation et la masse du roulement BE
 - la désignation et la charge de base dynamique du roulement BC
4. Dans le cadre d'une nouvelle implantation du moto-réducteur, il a été décidé de le raccorder à un arbre moteur par l'intermédiaire d'un système de poulies et de courroies. En vous aidant des documents techniques pages 3, 4 et 5, dessinez sur le **document réponse 3** :
 - la deuxième poulie (diamètre = 46 mm , largeur = 10 mm)
 - la fixation de la poulie par l'intermédiaire d'une clavette et d'un écrou à encoches
 - d'un joint à lèvres isolant le roulement BC du milieu extérieur

L'échelle du **document réponse 3** est de 1,2