

Analyse de la situation existante au niveau de l'outillage de la phase 10

Mise en situation de l'étude

Certains problèmes techniques sont apparus lors de la fabrication des pièces :

- Un taux de rebut important dû à un non-respect des spécifications portées sur le contrat de phase.
- Des bris d'outils fréquents.
- Un marquage de la rainure centrale de la table de la machine.
- Un temps de reconfiguration de la production (temps série) trop important.

Après une analyse détaillée de la fabrication, toutes les causes assignables au processus (conditions de coupe, trajectoires outils, etc..) ont été corrigées.

L'étude proposée va porter sur l'analyse critique de la conception du montage et sur la proposition de solutions constructives modificatrices.

Toutes les réponses sont à rédiger sur feuille de copie.

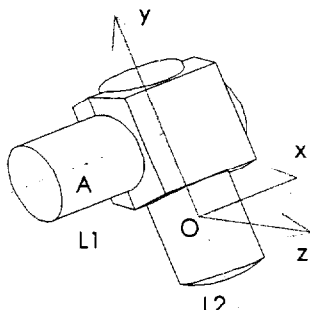
A- Recherche des causes de rebut et propositions d'améliorations

Les pièces C16 ou T16 sont posées sur le barillet dans une rainure. Le montage permet la fixation de 16 pièces, il existe 4 rainures sur le barillet et 4 pièces par rainure.

A-1 Analyse de la mise en position des pièces C16 / barillet.

Voir DT5, DT7, DT 8 et DT 9.

A-1.1 Réaliser le graphe des liaisons en précisant la désignation complète de chacune d'elles en fonction du repérage donné par le schéma ci-dessous :

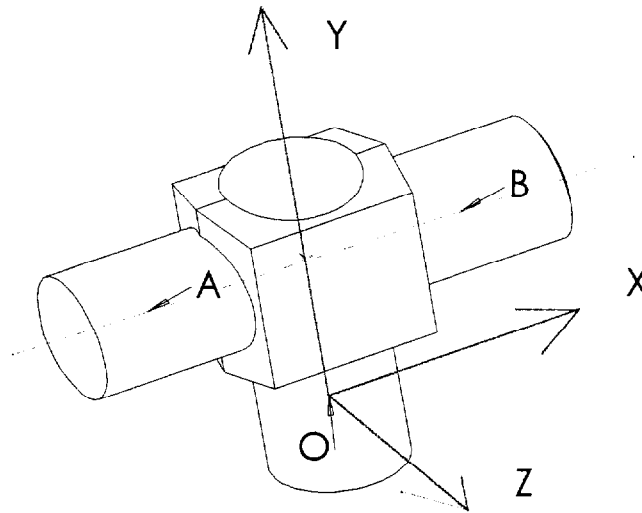


A-1.2 Déduire du graphe précédent le degré d'hyperstatisme h .

A-1.3 Proposer une modification pour rendre la mise en position isostatique et conforme au modèle exprimé dans la nomenclature des phases DT5.

A-1.4 Représenter le schéma cinématique de la solution isostatique.

A-1.5 Quelle est la spécification portée sur le contrat de phase qui devrait voir ainsi son niveau de qualité augmenter ?

A-2 Analyse de la mise en position des pièces T16 / barillet.*Voir DT4, DT 6, DT 8, DT 9*

A-2.1 Après avoir, comme pour la pièce C16, recherché le degré d'hyperstatisme, proposer une modification pour rendre la mise en position isostatique et conforme au modèle exprimé dans la nomenclature des phases DT4.

A-2.2 Votre solution est-elle compatible avec le fait qu'un même barillet sert aux deux types de pièces ? Quelles sont vos conclusions ?

A-3 Analyse de la mise en position du barillet sur le berceau.*Voir DT 8, DT 9*

Le barillet est placé sur le berceau qui est fixé sur la table de la machine.

A-3.1 Indiquer la nature des surfaces de contact assurant la mise en position du barillet sur le berceau. Justifier le rôle de la pièce 14.

A-3.2 Calculer le défaut angulaire maximal que l'on peut obtenir entre deux positionnements en fonction des jeux dans les liaisons entre les pièces 14 et 3, 14 et 6, 3 et 6.

On précise que la distance entre l'axe du barillet et l'axe de l'indexeur est de 40 mm (voir DT8)

On donne :

$$10H10 = 10_{0}^{+0,058}$$

$$10g9 = 10_{-0,041}^{-0,005}$$

$$12H10 = 12_{0}^{+0,070}$$

$$12g9 = 12_{-0,049}^{-0,006}$$

A-3.3 Quelle est la spécification portée sur le contrat de phase qui est concernée par ce défaut de positionnement ?

A-4 Analyse du maintien en position du barillet sur le berceau.

Voir DT 8, DT 9

Il s'agit ici de vérifier si le serrage manuel du barillet est suffisant pour que l'indexeur ne soit pas sollicité (effort nul), ce qui pourrait également engendrer un défaut de positionnement évolutif avec le temps.

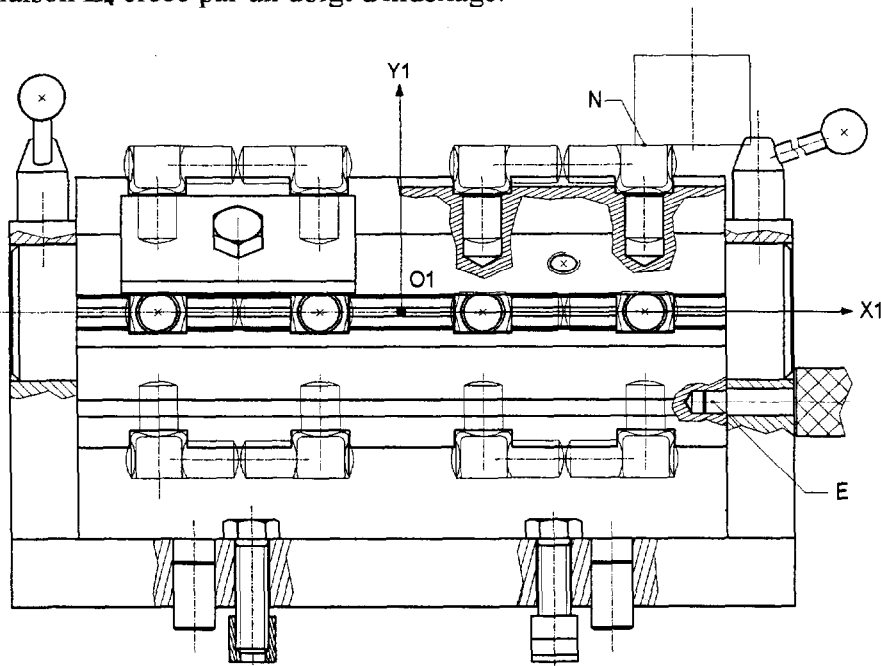
Hypothèses :

Le barillet supporte 4 rangées de 4 pièces, une rotation de 90° est nécessaire pour placer chaque rangée en position d'usinage.

L'étude se limitera à la mise et au maintien en position du barillet sur le berceau pour l'usinage de la face "103" des 4 pièces alignées sur une rainure.

La mise en position du barillet est réalisée :

- Par une liaison L_3 formée des deux paliers cylindriques.
- Par une liaison L_4 créée par un doigt d'indexage.



Le torseur modélisant les actions d'usinage est un torseur glisseur dont les caractéristiques sont définies par :

$$T_{\text{Outil/Pièce}} = \begin{Bmatrix} -132 & 0 \\ 280 & 0 \\ -1694 & 0 \end{Bmatrix}_N (\bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_1)$$

(Les valeurs sont exprimées en N)

Le maintien en position est réalisé par le serrage de deux chapeaux avec deux poignées pour obtenir un couple résistant C_r dans la liaison pivot.

A-4.1 Donner l'expression du torseur (dans la base B1) des actions mécaniques transmissibles par la liaison L_3 , supposée parfaite entre le berceau et le barillet, que vous modéliserez par une liaison pivot d'axe O_1X_1 .

A-4.2 Le maintien en position du barillet sur le berceau est obtenu, par adhérence, avec le serrage des chapeaux 4 et 5 sur les deux parties cylindriques de $\Phi = 60$ mm.

Ce maintien en position est modélisé par un couple résistant : $C_r \overline{X_1}$

Donner la nouvelle expression du torseur précédent en tenant compte du couple de frottement.

A-4.3 Donner l'expression du torseur (dans la base B1) des actions mécaniques transmissibles par la liaison L_4 , supposée parfaite entre l'indexeur et le barillet, que vous modéliserez par une liaison ponctuelle de normale EZ_1 .

A-4.4 Déterminer la valeur du couple d'adhérence C_r , de manière à ce que l'effort sur l'indexeur soit nul, c'est-à-dire : $\|\overline{E}\| = 0$

On donne les vecteurs suivants :

$$\overline{O_1N} \begin{vmatrix} 120 \\ 74 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \overline{O_1E} \begin{vmatrix} 135 \\ -40 \\ 0 \end{vmatrix}$$

A-4.5 Pour la suite des calculs, on prendra : $C_r = 130$ N.m.

On suppose que pendant le serrage, la pression de contact est uniformément répartie sur toute la surface latérale des deux parties cylindriques. Après serrage, on suppose que la surface d'adhérence est une surface cylindrique parfaite de diamètre $d = 2r = 60$ mm et de longueur $e = 60$ mm.

Soit l'expression qui lie le couple résistant à la pression de contact : $C_r = 2 \pi f p e r^2$

Soit l'expression de la pression de contact : $p = \frac{F}{d \times L}$

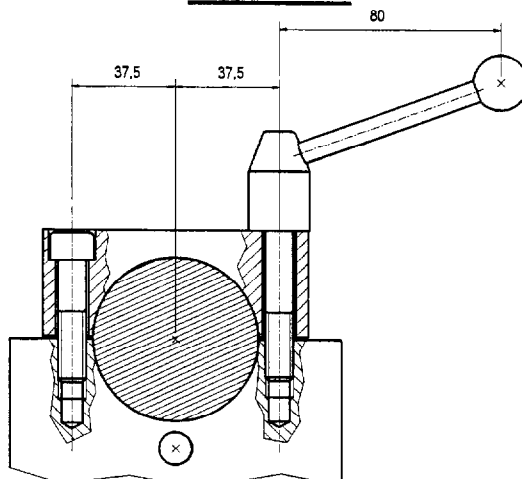
On donne : $f = 0,1$

Evaluer l'effort $\|\overline{F}\|$ d'un chapeau sur le barillet pour obtenir cette pression, en

considérant $L = \frac{e}{2}$.

A-4.6 Etudier l'équilibre du chapeau et évaluer l'effort de la poignée de serrage sur le chapeau (Voir figure A ci-dessous).

Figure A :



A-4.7 Pour la suite des calculs on prendra comme résultat de la question 4.6 un effort: $F = 3500N$.

Hypothèses :

- Pour assurer le serrage, on utilise une vis de $R_{pe} = 300Mpa$.
- La forme des filets permet de considérer qu'il y a concentration de contrainte, prendre un coefficient de concentration de contrainte $K_t = 2,5$.

Après avoir calculé la section résistante minimale (section du noyau de la vis), en déduire le diamètre nominal de la vis (Voir tableau figure B ci-dessous), et comparer avec la valeur notée dans la nomenclature.

Figure B :

Diamètre nominal d	Pas P	Diamètre sur flancs d_2	Diamètre du noyau de la vis d_3	Section du noyau de la vis mm^2
1,6	0,35	1,373	1,171	1,08
2	0,41	1,74	1,509	1,79
2,5	0,45	2,208	1,948	2,98
3	0,5	2,675	2,387	4,47
3,5	0,6	3,11	2,764	6
4	0,7	3,545	3,141	7,75
5	0,8	4,48	4,019	12,7
6	1	5,35	4,773	17,9
8	1,25	7,188	6,466	32,9
10	1,5	9,026	8,16	52,3
12	1,75	10,863	9,853	76,2
14	2	12,701	11,546	105
16	2	14,701	13,546	144
18	2,5	16,376	14,933	175
20	2,5	18,376	16,933	225

A-4.8 La valeur ergonomique maximale de l'effort exercé par l'opérateur

$$\text{vaut : } \left\| \vec{F}_{op} \right\| = 60 \text{ N}$$

Evaluer la longueur de la poignée nécessaire pour obtenir un moment de 10 N.m correspondant à l'effort $F = 3500 \text{ N}$ donné précédemment.

A-4.9 Comparer le résultat trouvé avec la longueur de la poignée du montage (voir figure A) et noter une conclusion sur la valeur de l'effort appliqué sur l'indexeur.

B- Recherche des causes pouvant entraîner un bris d'outil et propositions d'améliorations

Le système de serrage utilisé, une bride pour maintenir quatre pièces simultanément par une seule action mécanique donnée par une vis en contact direct, est hyperstatique.

Des essais montrent en outre qu'une pièce sur quatre est insuffisamment maintenue.

B-1 Recherche d'une solution isostatique de serrage

Voir DT 8, DT 9.

B-1.1 Proposer, sous la forme d'un schéma cinématique, une solution isostatique permettant de serrer les quatre pièces simultanément.

B-1.2 Proposer des solutions technologiques pour les nouvelles liaisons et établir un croquis à main levée du système de votre choix.

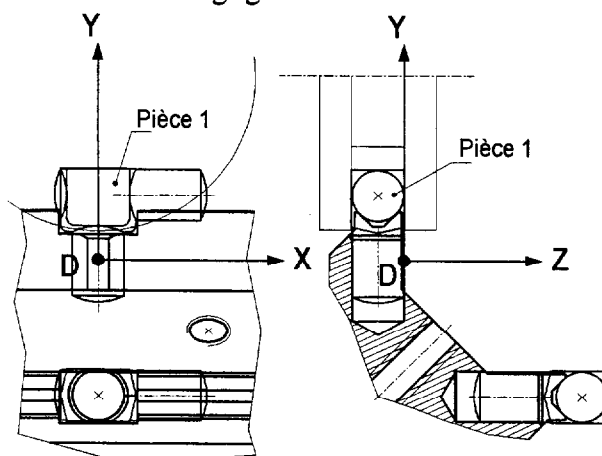
B-2 Choix d'un matériau évitant le matage de la bride

Voir DT 8, DT 9.

L'étude se limitera au maintien en position de la pièce C16 pour l'usinage des faces 101 et 102 par train de fraises.

Hypothèses :

- Les efforts sont répartis de manière uniforme sur les quatre pièces.
- Le bridage des pièces est réalisé par vis et brides.
- Le poids de l'ensemble est négligé.



Les actions mécaniques dues au serrage de la bride sur la **pièce 1** seront représentées par le torseur suivant :

$$T_{\text{Bride/Pièce1}} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ D & -2500 & 0 \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$$

(Les valeurs sont exprimées en N)

On rappelle que la pression de contact entre un plan et un cylindre est donnée par la relation suivante :

$$P = 0,418 \sqrt{\frac{F \cdot \frac{1}{r_{\text{éq}}}}{L \cdot \frac{1}{E_{\text{éq}}}}} \quad \frac{1}{r_{\text{éq}}} = \frac{1}{r_{\text{pièce}}} \pm \frac{1}{r_{\text{bride}}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{E_{\text{éq}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{E_{\text{pièce}}} + \frac{1}{E_{\text{bride}}} \right)$$

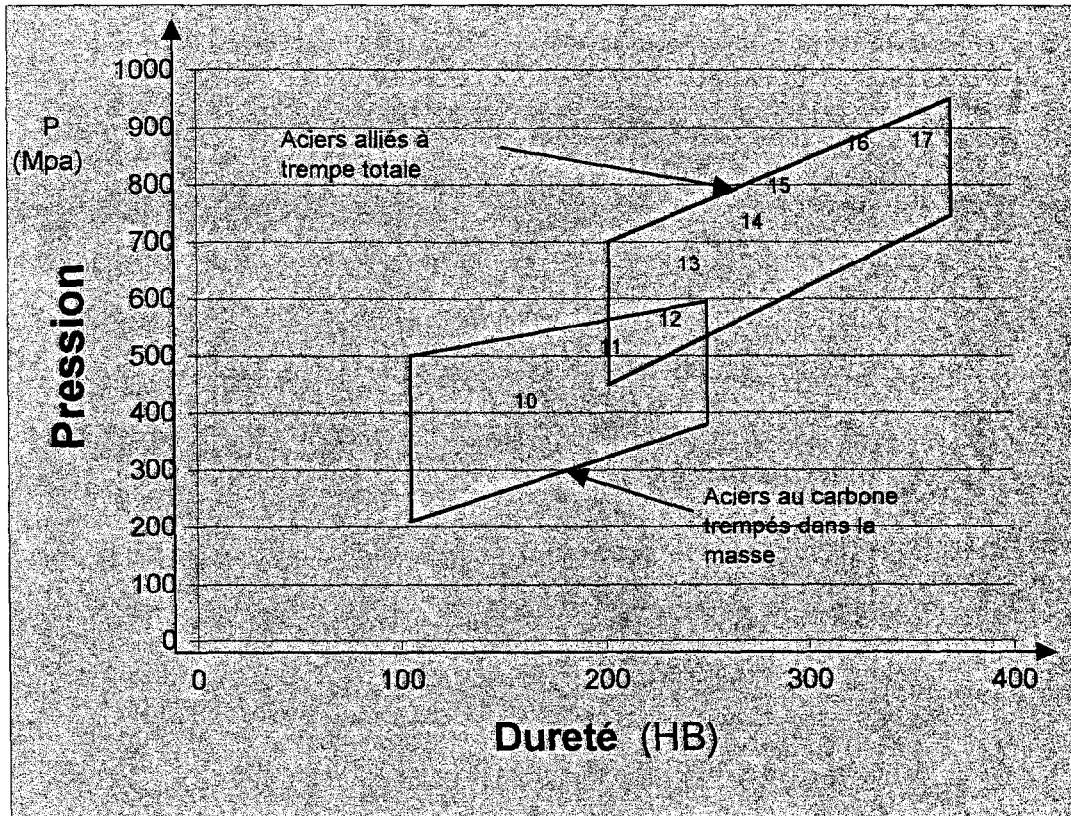
(Dans le cas d'un contact cylindre/plan l'un des rayons est infini)

On donne :

- $r_{\text{pièce}}$: Rayon de la pièce : $r = 8$
- $\frac{1}{r_{\text{bride}}} = \frac{1}{\infty} = 0$
- F : Charge en N ; $\|\vec{F}\| = 2500 \text{ N}$
- $E_{\text{pièce}} = 185000 \text{ Mpa}$
- $E_{\text{bride}} = 220000 \text{ Mpa}$ (1 Mpa = 1 N/mm²)
- P : Pression de contact maxi.
- L : Longueur du contact : 20 mm.

B-2.1 Calculer la pression de contact sur la bride.

B-2.2 Vérifier l'aptitude à l'emploi du matériau de la bride et conclure. (Voir le tableau ci-dessous)



10	Aciers de construction forgés non alliés	C 40
11		C 45
12		C 55
13	Aciers alliés traités dans la masse	35 Cr Mo 4
14		42 Cr Mo 4
15		35 Ni Cr Mo 6
16		30 Cr Ni Mo 8
17		36 Ni Cr Mo 12

B-2.3 Proposer un nouveau matériau et/ou un traitement approprié.

C- Proposition d'amélioration de l'interface machine-montage d'usinage.

Le berceau se compose d'une semelle, d'un montant droit et d'un montant gauche.

Le berceau est positionné par deux piges cylindriques dans une rainure de la table et fixé par deux vis avec écrous en té traversant la semelle suivant deux perçages.

Plusieurs problèmes sont apparus :

- Après une série d'utilisation, on constate deux marques provoquées par les piges à l'intérieur des rainures.
- Le maintien en position n'est pas très accessible et provoque une augmentation non négligeable du temps de reconfiguration de la machine.
- Le positionnement du montage sur la table de la machine suivant l'axe des rainures n'est pas reproductible d'un lot à l'autre, il en va de même pour des montages différents à chaque changement de série.

C-1 Faire un croquis à main levée de la solution de mise et maintien en position avec un système de montage et de démontage rapide de la semelle sur la table. (Le candidat peut modifier la forme de la semelle)