

Brevet de technicien Supérieur

MAINENANCE INDUSTRIELLE

Session 2008

**Analyse fonctionnelle et structurelle
(Epreuve E4)**

Questionnaire

Ce dossier contient les documents Q 1/8 à Q 8/8

BAREME

Lecture du sujet : 35 minutes

	Questions	Durée conseillée	Barème / 60
1	Analyse préliminaire	40	12
2	Réduction du temps de cycle	80	24
3	Amélioration de la fiabilité	145	24
	3.1 analyse d'une défaillance	5	
	3.2 implantation d'amortisseurs	75	
	3.3 modification fixation	20	
	3.4 modification tendeur courroie	45	

1	Barème : 12 points	Durée de travail conseillée : 40 min
---	--------------------	--------------------------------------

OBJECTIF : ANALYSE PRELIMINAIRE ET COMPREHENSION DU SYSTEME

Cette analyse préliminaire a pour but de vous aider dans la compréhension du fonctionnement du robot. Utilisez toutes les ressources du dossier technique et de la présentation du robot

Q 1.1	Documents à consulter : PR2/4, DT3, DT4	Répondre sur DR 1
-------	---	-------------------

On donne le synoptique du fonctionnement du robot sur lequel les mouvements sont désignés par des flèches numérotées de 1 à 5:

- **Indiquer** dans le tableau du document réponse, par une croix, l'actionneur qui provoque le mouvement.

Q 1.2	Documents à consulter : PR2/4, PR3/4, DT1, DT3, DT4, DT5	Répondre sur DR 1
-------	--	-------------------

En vous aidant de la description du fonctionnement du robot et des représentations graphiques de la partie opérative:

- **Compléter** sur le document réponse le diagramme F.A.S.T. incomplet du robot.

Q 1.3 Analyse de la partie opérative

Axe horizontal

Q 1.3.1	Documents à consulter : PR2/4, PR3/4 et DT4	Répondre sur DR1
---------	---	------------------

En vous aidant de la description du fonctionnement de l'axe horizontal et des représentations graphiques de l'axe horizontal:

- **Compléter** le schéma cinématique dans le plan xy permettant de définir tous les mouvements de l'axe horizontal.

Axe vertical

✓ Q 1.3.2	Documents à consulter : DT5	Répondre sur DR 1
-----------	-----------------------------	-------------------

On donne le schéma cinématique simplifié de l'axe vertical sans le plateau de préhension ni le système de tension de la courroie:

- **Tracer**, sur le document réponse et dans les cases appropriées, le symbole du mouvement des différents sous-ensembles / bâti lors d'un cycle normal (hors réglage de la tension) lors de la descente du plateau.

PROBLEME POSE: REDUIRE LE TEMPS DE CYCLE DE PRODUCTION

On demande au service maintenance de l'entreprise d'étudier la faisabilité d'une augmentation de cadence. Deux points critiques relatifs à ce problème ont été identifiés :

- Le moteur d'entraînement de l'axe horizontal
- La courroie de transmission de l'axe vertical

L'étude suivante permettra de vérifier que le moteur d'entraînement et la courroie de transmission accepteront la nouvelle cadence.

Les autres composants et actionneurs sont utilisés actuellement largement en dessous de leurs performances maxi et ne nécessitent donc pas d'étude particulière.

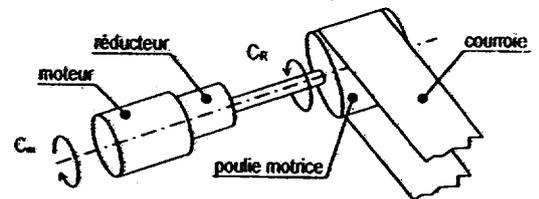
Q 2.1 Documents à consulter : DT1

Répondre sur feuille de copie

Le servomoteur M2 qui commande l'axe linéaire Nadella est composé d'un moteur alimenté par un variateur et d'un réducteur. Pour obtenir une réduction du temps de cycle de 1,2 s il faut régler la rampe l'accélération du variateur à sa valeur maxi, ce qui provoque une augmentation du couple résistant C_r au démarrage.

On donne :

- le couple résistant exercé sur la poulie motrice au démarrage : $C_r = 25,00\text{Nm}$
- le couple maxi disponible sur le moteur : $C_m = 7,33\text{Nm}$
- le rendement de la transmission $\eta = 88\%$
- le rapport de réduction du réducteur $i = 2 / 10$



- Vérifier que le couple moteur est suffisant au démarrage (sur feuille de copie).

Q 2.2 Faisabilité axe vertical

Gain de temps obtenu

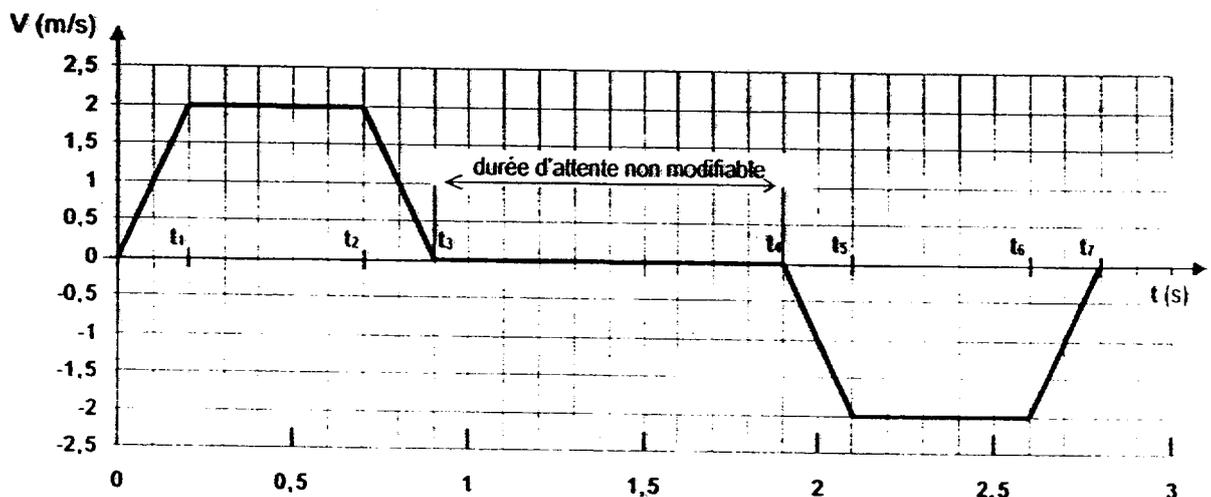
Q 2.2.1 Documents à consulter : DT1

Répondre sur feuille de copie

Dans le souci de réduire de 0,8s le temps de cycle de cet axe on désire utiliser les capacités maximum du servomoteur M1.

On donne les caractéristiques du mouvement actuel du chariot vertical ainsi que la courbe des vitesses du mouvement sur un cycle complet :

- accélération / décélération $a = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- vitesse maxi $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$
- amplitude du mouvement $x = 1,4 \text{ m}$



Q 2/8

Le temps d'attente entre la descente et la montée du plateau de prélèvement est fixe : c'est le temps nécessaire au transfert des préformés du moule vers le plateau.

On donne les nouvelles caractéristiques du mouvement au maximum des capacités du servomoteur :

- accélération / décélération	$a = 25 \text{ m.s}^{-2}$
- vitesse maxi	$v = 4 \text{ m/s}$

Dans le but de calculer le nouveau temps de cycle :

- **Calculer l'instant t_1 puis le déplacement y_1 correspondant à la fin de la phase d'accélération en descente**
- **Calculer la distance y_2 parcourue pendant la phase de descente à vitesse constante et en déduire le déplacement total puis le temps t_2 correspondant à la fin de cette phase**
- **Calculer l'instant t_3 correspondant à la fin de la phase de décélération en descente**
- **Calculer l'instant t_4 correspondant à la fin de la phase d'attente.**

En procédant de la même manière pour les phases de remontée...

- **Calculer le nouveau temps de cycle et Conclure**

Calcul courroie

Q 2.2.2	Documents à consulter DT5, DT6	Répondre sur feuille de copie
---------	--------------------------------	-------------------------------

La modification des paramètres du mouvement engendre une surtension de la courroie au démarrage. On veut vérifier que la transmission par courroie du plateau de prélèvement résiste bien à ces nouvelles contraintes.

On donne les caractéristiques suivantes :

- accélération de la pesanteur	$g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- masse en mouvement	$m = 70 \text{ kg}$
- accélération du mouvement	$a = 25 \text{ m.s}^{-2}$
- liaison glissière sans frottement	

- **Calculer la tension T due au démarrage lors de la montée du plateau de dégagement sans tenir compte du frottement dans la transmission.**

Pour tenir compte des frottements dans la transmission on applique à la tension T un coefficient correctif k qui permet de déterminer la tension théorique $F_{th} = k T$.

On donne

- un extrait du catalogue constructeur (voir DT6)	
- coefficient correctif	$k = 1,2$
- on prendra pour valeur	$T = 2500 \text{ N}$

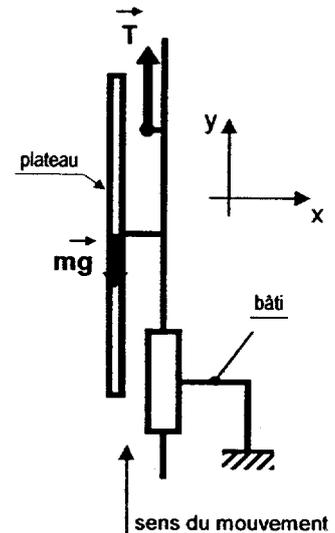
- **Calculer la tension théorique F_{th}**
- **Déterminer la tension totale F réelle à l'aide du document constructeur**

La transmission du mouvement est donné par la poulie motrice du servomoteur. Il reste à vérifier que l'ensemble courroie/poulie peut transmettre la tension totale F .

On donne les caractéristiques de l'ensemble poulie/courroie :

- Type courroie : T 22,225 (XH)	
- largeur courroie	$b = 101,6 \text{ mm}$
- vitesse maxi de la courroie	$v = 4 \text{ m.s}^{-1}$
- nombre de dents de la poulie motrice	$Z = 30 \text{ dents}$
- diamètre primitif de la poulie motrice	$d_k = 119 \text{ mm}$
- angle d'enroulement de la courroie sur poulie	$\alpha = 190^\circ$

- **Calculer la fréquence de rotation de la poulie motrice.**
- **En déduire la force tangentielle admissible F_{tz} .**
- **Donner la valeur de l'effort maximal admissible F_t par l'ensemble poulie/courroie et conclure**



PROBLEME POSE: AMELIORER LA FIABILITE

A la réception du robot dans l'entreprise, un dossier d'historique de pannes électriques, pneumatiques ou mécaniques l'accompagne. Une analyse des défaillances (voir AMDEC ci-dessous) a mis en évidence les actions de maintenance à mener pour améliorer sa fiabilité.

Extrait d'AMDEC du robot : pannes mécaniques
(d'après l'historique des 2 années précédentes)

Repère	Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Effets sur la production	Gravité	Fréquence	Difficulté de détection	Criticité	Temps de réparation	Actions envisagées
159	Vis Chc M8-60	Liaison vérin V ₁ /support	Rupture vis de fixation	Chocs répétés	Liaison vérin / support non assurée	Arrêt total	4	2	1	8	0,5	Mise en place de vis plus résistantes
131	Buse	Liaison pré-forme / plaque	Lâché de la préforme	Chocs en fin de course retrait et basculement	Aucun	Rebuts importants	1	4	3	12	0	Ajout d'amortisseurs hydrauliques
224	Tirant	Réglage tension courroie axe vertical	dégradation du méplat de manœuvre	En étude	Réglage difficile à assurer	Aucun	1	1	1	1	0	En étude
208	Courroie	Transmission axe vertical	Saut de dent	Tension mal réglée	Décalage entre plaque verticale et moule	Arrêt total	3	3	1	9	0,5	Réglage par écrasement de rondelles élastiques

indices de gravité, fréquence et risque de non-détection: de 1 (faible) à 4 (très élevé)

Q 3.1	Documents à consulter : AMDEC ci-dessus et DT5	Répondre sur feuille de copie
--------------	---	--------------------------------------

Analyse d'une défaillance

- Donner une ou plusieurs causes plausibles de la défaillance "dégradation du méplat de manœuvre" du tirant repéré 224.
- Proposer sous forme de croquis une modification envisageable pour éviter cette défaillance.

Q 3.2 Action de maintenance relative à la défaillance "lâchés des préformes"

Les amortisseurs de fin de course intégrés aux vérins V₁ et V₂ ont été jugés inefficaces compte tenu des chocs importants survenant lors des mouvements de l'axe horizontal. On décide donc d'implanter des amortisseurs hydrauliques externes agissant lors de la fin des mouvements engendrés par les vérins V₁ et V₂.

Q 3.2.1	Documents à consulter DT7	Répondre sur feuille de copie
----------------	----------------------------------	--------------------------------------

Le plateau de dégagement est actionné par deux vérins identiques

On donne les caractéristiques ci-dessous :

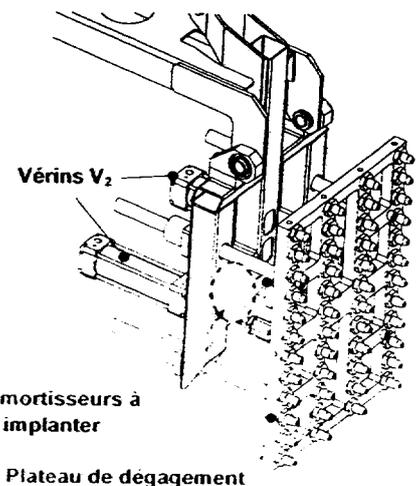
- diamètre piston vérin	D = 63 mm
- diamètre tige vérin	d = 25 mm
- pression d'alimentation	p = 6 bar

- Calculer l'effort F₁ exercé par les 2 vérins V₂ en rentrée de tige.

On donne

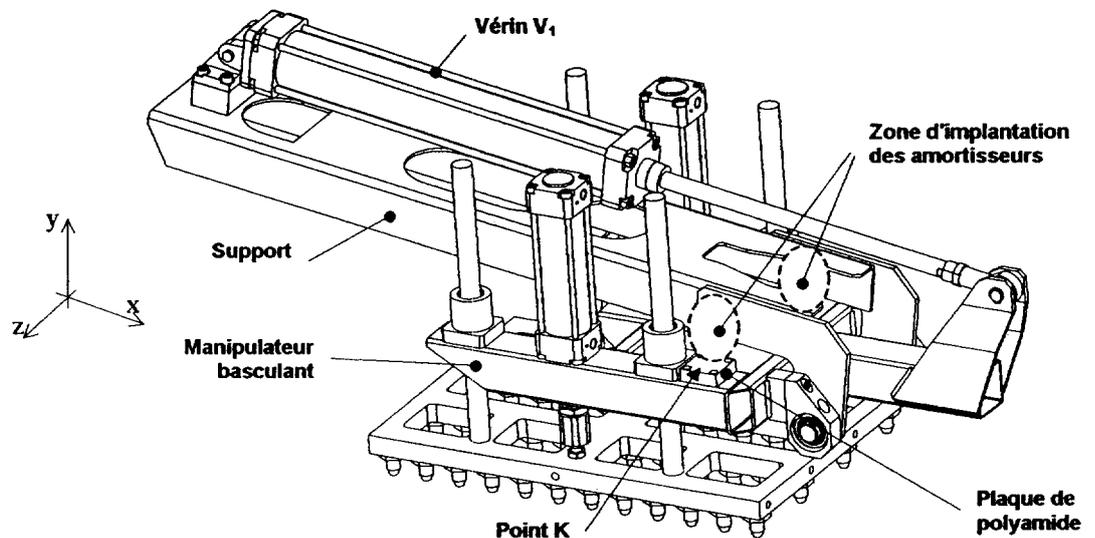
- un extrait du catalogue d'amortisseurs hydrauliques S.M.C. avec la démarche proposée pour choisir les deux amortisseurs à implanter.
- masse du plateau équipé m = 38 kg
- vitesse de déplacement du plateau v = 1,2 m.s⁻¹
- course estimée de l'amortisseur S = 12 mm

- Calculer la masse équivalente M_e
- Choisir la référence des deux amortisseurs choisis et expliquer succinctement les différents choix dans la démarche



Après une démarche équivalente à celle de la question précédente le technicien maintenance a choisi d'implanter deux amortisseurs RB 2725 sur le manipulateur basculant. Une pièce d'usure (plaque de polyamide vissée sur le manipulateur basculant) est prévue au contact avec l'amortisseur.

Le système est représenté en position "début d'amortissement" et à cet instant la liaison entre la tige de l'amortisseur et la plaque est considérée comme un contact ponctuel sans frottement.



Conditions d'emploi

La tige de l'amortisseur vient en contact avec la plaque en polyamide au point K

- **tracer de 2 couleurs différentes et désigner sur le document réponse DR2:**
 - la ligne d'action de la force de contact F_K de la plaque sur la tige d'amortisseur
 - le support de la vitesse d'impact v du point K appartenant au manipulateur basculant par rapport au support.

On donne un extrait du catalogue d'amortisseurs hydrauliques S.M.C. (DT7)

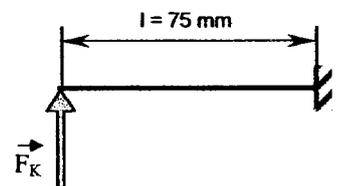
- **vérifier si l'amortisseur correspond aux conditions d'emploi imposées par le constructeur**
- **proposer éventuellement une solution si ce n'est pas le cas.**

Dimensionnement de la pièce de fixation de l'amortisseur RB 2725

Cette pièce est un profilé en U en acier qui est soudée au support. Le modèle de calcul est donné ci-dessous, il s'agit d'une poutre encastree à une de ses extrémités et sollicitée en flexion simple.

On donne

- un formulaire de Résistance des Matériaux (DT9)
- la documentation technique des profilés en U (DT9)
- l'action de l'amortisseur sur la pièce de fixation $F_K = 3\,500\text{N}$
- la longueur de la pièce $l = 75\text{mm}$
- la flèche maxi admissible $f_{adm} = 0,2\text{mm}$
- la limite élastique de l'acier de la pièce $Re = 400\text{MPa}$
- le coefficient de sécurité souhaité $s = 2$
- le module de Young $E = 2.10^5\text{MPa}$



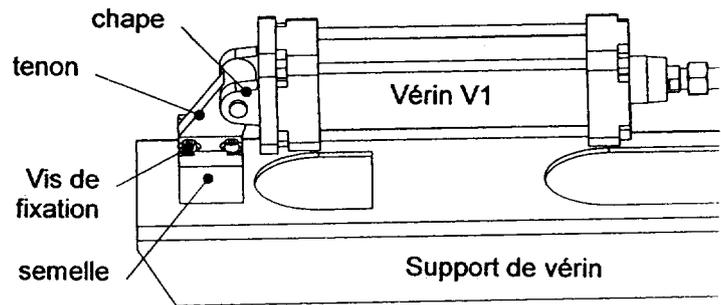
- **calculer le moment fléchissant maximum M_{max}**
- **exprimer la condition de résistance, en déduire le module de flexion nécessaire I_{gz}/V**
- **choisir un profilé en U d'après la documentation technique**
- **en admettant que le profilé choisi soit de type F3317, calculer la flèche maximum et Conclure.**

Action de maintenance relative à la défaillance: "rupture d'une vis de fixation du tenon du vérin V₁"

Afin de prévenir cette défaillance on envisage de redimensionner les vis de fixation.

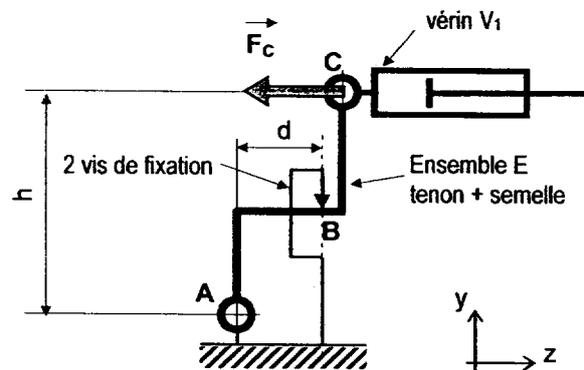
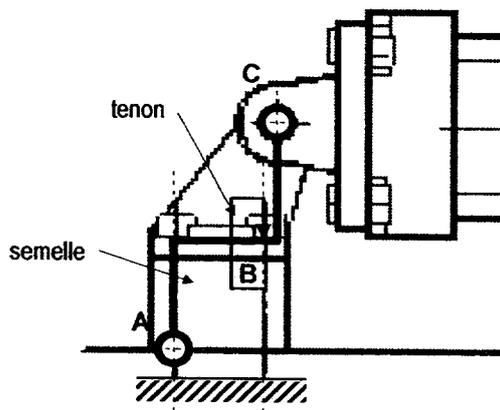
Dans le nouveau cycle, lors des phases dynamiques du mouvement, l'action de la chape+vérin sur le tenon F_c pourra atteindre 6000 N.

On considère que, sous l'action de cet effort, l'ensemble tenon+semelle a tendance à tourner autour de son arrête gauche (liaison pivot au point A) et que les deux vis de fixation droite travaillent en traction (contact ponctuel en B).



On donne :

- le modèle de calcul représenté par le schéma ci-dessous (ramené dans le plan de symétrie)
- toutes les liaisons sont sans frottement.
- l'action des deux vis de fixation gauche est négligée
- l'action de la chape sur le tenon $F_c = 6\ 000\ \text{N}$
- la hauteur $h = 103\ \text{mm}$
- la distance $d = 50\ \text{mm}$
- coefficient de fatigue sur les vis $s_d = 2$



- En isolant l'ensemble E, **déterminer**, par une méthode de votre choix (graphique sur le document DR3 ou analytique sur feuille de copie), l'action en B de chacune des 2 vis de fixation sur l'ensemble E

Les vis utilisées actuellement sont des vis CHc M8 de classe 5-8.

En utilisant l'abaque proposé annexe DT8

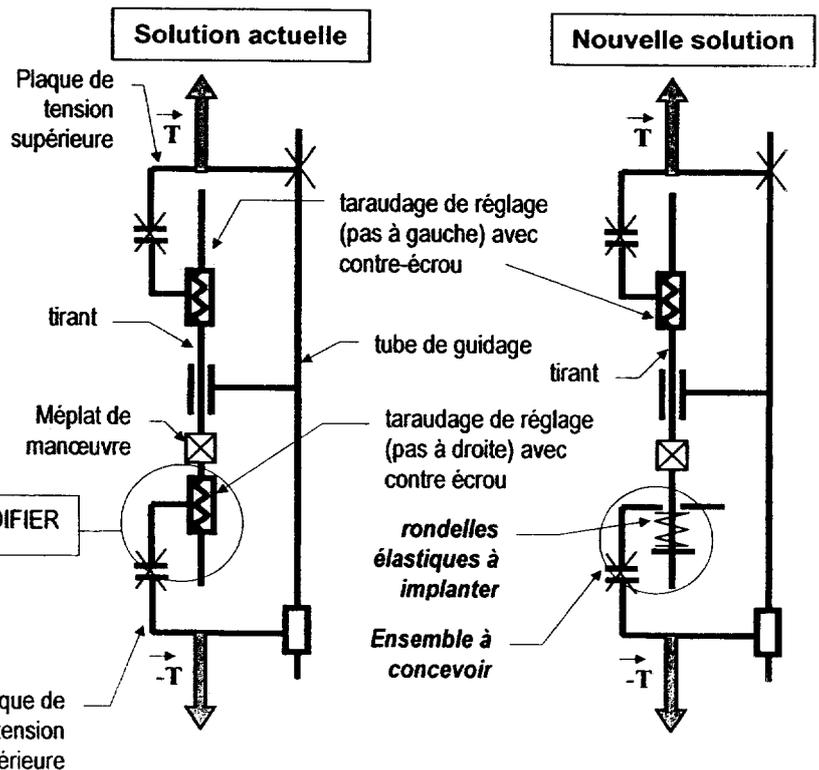
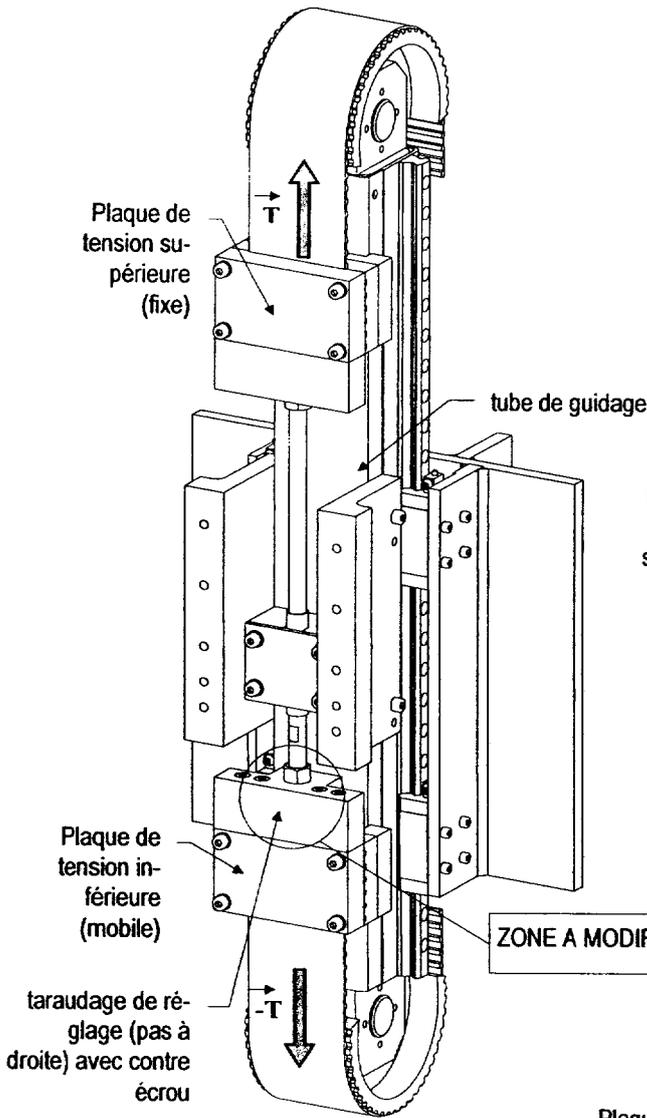
- **Déterminer** l'effort admissible pour une vis
- En tenant compte du coefficient de fatigue, **proposer** différentes solutions pour le choix des vis.

Action de maintenance relative à la défaillance: "Saut de dent sur la courroie axe vertical"

Actuellement, lors du démarrage de l'axe vertical, la tension T passe instantanément de la valeur de pré-tension de 1 700N à sa valeur en fonctionnement de 3 400N.

Il en résulte un choc entraînant des vibrations dans la transmission. L'augmentation de la cadence (qui accroît la tension) va accentuer ce phénomène: il y a donc un risque de détérioration à prendre en compte. D'autre part le réglage de la pré-tension à une valeur précise est délicat avec le système actuel.

On décide de modifier le tendeur en utilisant des rondelles élastiques de type Belleville (montées en parallèle) qui vont atténuer le choc du démarrage et permettre, par la maîtrise de leur écrasement, un réglage plus précis de la valeur de la tension.



Q 3.4.1	Documents à consulter DT2, DT5	Répondre sur feuille de copie
---------	--------------------------------	-------------------------------

Actuellement on évalue la tension de la courroie en mesurant la fréquence propre d'un mètre de courroie à l'aide d'un appareil spécifique (voir procédure en annexe DT2)

Cette mesure pose quelques problèmes de fiabilité car l'accès est délicat et la mise en œuvre pas toujours rigoureuse. Bien que cette méthode soit toujours applicable avec le nouveau système de réglage, le service maintenance souhaite proposer une solution alternative consistant à mesurer l'écrasement des rondelles élastiques formant un ressort.

On donne un extrait du dossier machine (directive d'entretien DT2)

- *Afin de définir la nouvelle gamme de réglage de la tension de la courroie **donner** une procédure de mesure de l'écrasement des rondelles élastiques.*

Q 3.4.2	Documents à consulter DT5, DT8	Répondre sur DR4
---------	--------------------------------	------------------

On demande au service maintenance d'élaborer un avant-projet de solution utilisant des rondelles élastiques pour le réglage de la tension de la courroie.

La modification envisagée est décrite par le schéma technologique de la nouvelle solution page précédente.

On donne les consignes suivantes :

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - utiliser 2 rondelles de diamètre intérieur 20mm montées en parallèle. - les moyens de fabrication sont ceux d'un atelier de maintenance conventionnel (tour, fraiseuse, perceuse, poste de soudage). - le principe de manœuvre du tirant par méplat est conservé |
|--|

- *Sur le document réponse **DR4**, **proposer** l'avant projet d'une solution sous la forme d'un croquis à main levée ou aux instruments.*