

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2007

EPREUVE E 4

Analyse fonctionnelle et Structurelle

Questionnaire

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

BAREME

Questions	Barème sur
Q1.	9
Q 2.1.	6.5
Q 2.2.	4
Q 2.3.	7

Questions	Barème sur
Q 3.1.	6.5
Q 3.2.	5
Q 4.1.	6
Q 4.2.	4

Questions	Barème sur
Q 5.1.	1
Q 5.2.	11
TOTAL	60

L'étude porte sur l'Unité de transfert de patte du poste OP30 qui regroupe le Module de translation, le Porte pince et la Pince ; elle est décrite par

- un extrait de nomenclature sur le doc. DT 2/8
- la vue de face sur le doc. DT 3/8
- la vue arrière sur le doc. DT 4/8.

Le service maintenance constatant que la fonction principale FP1 est défaillante (méthode APTE sur le doc. DT 1/8 et diagramme FAST sur le doc. DT 2/8) a concentré son action sur le module de translation qui présente les dysfonctionnements suivant :

1. Une déformation visible à l'œil nu sur le cylindre du vérin sans tige **V6**, au niveau des butées, qui conduit à un blocage du piston et impose le remplacement du vérin une fois par an (coût du vérin : 15 000 €, plus les coûts d'intervention et de non production).
2. Des chocs très importants en fin de course du fait de la cadence importante du poste OP30 (400 pièces par heure), imposent des réglages fréquents de la machine, et même le remplacement de certaines pièces déformées.

L'étude qui va suivre s'oriente donc dans cinq directions successives :

1. Etude du cycle de transfert.
2. Analyse fonctionnelle du module de translation pour vérifier le montage du vérin.
3. Vérification du dimensionnement et réglage de l'amortisseur de fin de course.
4. Vérification du choix du vérin du fait du porte-à-faux de l'action du coulisseau.
5. Modification du montage du coulisseau sur le porte pince.

1 : ETUDE DU CYCLE DE TRANSFERT

Pour déterminer l'origine exacte des problèmes, il faut identifier dans un premier temps le rôle de chaque actionneur durant le cycle de transfert.

1.	ETUDE DU CYCLE RELATIF A LA FONCTION FP1	
	Barème : 9/60	Durée conseillée : 50 min

Le document DR 1/3 propose une décomposition du cycle relatif au transfert d'une patte de type **B** sous la soudeuse par points (pour les autres pattes, le cycle est presque identique).

La position de début de cycle correspond aux conditions suivantes :

- Pince en position finale (sur la figure du document PR 4/4)
- Butées 7a et 7b escamotées (=reculées)
- Porte pince en position haute et reculée
- Pince ouverte

Q 1	Documents à consulter : PR 4/4, DT 2/8, DT 3/8, DT 4/8	Répondre sur : DR1/3
------------	---	-----------------------------

- Compléter le tableau du document DR 1/3, en utilisant les repères des actionneurs proposés sur le diagramme FAST et dans l'extrait de nomenclature du doc. DT 2/8 (sans préciser dans quel sens évolue l'actionneur).

2 : ANALYSE FONCTIONNELLE DU MODULE DE TRANSLATION

Pour rechercher d'éventuelles modifications, on va vérifier si l'hyperstatisme du montage du vérin sans tige V6 et son réglage ne provoquent pas sa déformation

2.1.	ETUDE CINEMATIQUE DU MODULE DE TRANSLATION	
	Barème : 6,5/60	Durée conseillée : 30 min

On ne s'intéresse plus maintenant qu'à la fonction technique FT3 (voir DT 2/8).

Q 2.1.1.	Documents à consulter : DR 2/3, DT 2/8, DT 3/8, DT 4/8	Répondre sur : DR 1/3
-----------------	--	-----------------------

Le schéma cinématique, DR 1/3, illustre le déplacement du module de translation.

- Légender ce schéma, par le nom des organes, proposés par la nomenclature, document DT 2/8

Q 2.1.2.	Documents à consulter : DR 1/3, DT 3/8, DT 4/8, DT 6/8	Répondre sur : DR 2/3
-----------------	--	-----------------------

- Compléter le graphe des liaisons et qualifier chacune des liaisons par son nom, son centre et ses directions privilégiées (axe, normale..).

2.2.	ETUDE DE L'HYPERSTATISME DU MODULE DE TRANSLATION	
	Barème : 4/60	Durée conseillée : 15 min

Nous allons vérifier si le degré d'hyperstatisme du guidage du module de translation est bien égal à 1 et si le réglage existant est bien adapté.

Rappels concernant le degré d'hyperstatisme d'une chaîne continue fermée :

Le degré d'hyperstatisme h est donnée par la relation :

$$h = m_u + m_i + \sum N_s - 6.(n - 1)$$

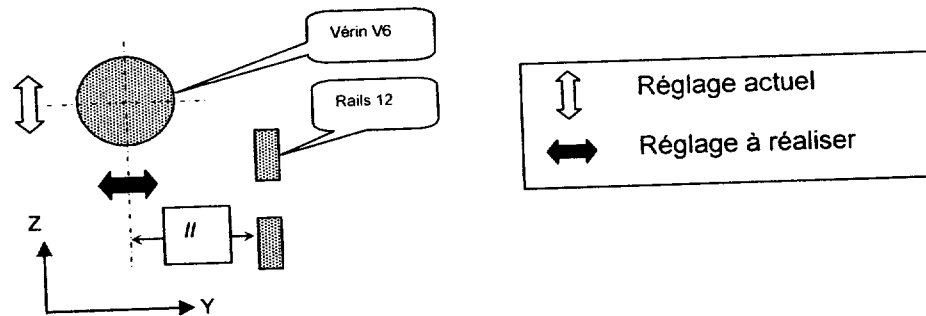
- m_u : mobilité utile du mécanisme :
 $m_u = 1$ correspondant à la translation Tx du porte pince par rapport au bâti
- m_i : mobilité interne ou « parasite » du mécanisme
 $m_i = 1$, correspondant à la rotation Rx du coulisseau par rapport au cylindre
- $\sum N_s$: somme des inconnues statiques des liaisons
(exemple pour une liaison pivot : $N_s = 5$)
- n : nombre de classe d'équivalence cinématique
(pièces de même mouvement)

Q 2.2.	Documents à consulter : DR 1/3	Répondre sur feuille de copie
---------------	--------------------------------	-------------------------------

- Calculer $\sum N_s$ avec les liaisons L1, L2 et L3 de ce graphe et vérifier que le degré d'hyperstatisme h du système est bien égal à 1

2.3..	REGLAGE DU VERIN	
	Barème : 7/60	Durée conseillée : 40 min

L'hyperstatisme de degré 1 impose donc une contrainte de parallélisme entre l'axe du vérin V6 et les rails de guidage 12 (voir DT 6/8). Cette contrainte dans l'espace impose deux réglages : suivant Y et Z
 Actuellement il y a deux réglages suivant Z (trous oblongs sur les rails et cales de réglages sous la plaque 103).



Pour permettre le calage des extrémités du vérin V6 suivant l'axe Y, il faut modifier la position de la plaque 105, sans la modifier, et adapter la forme de la plaque 103.

Q 2.3.	Documents à consulter : DT 6/8	Répondre sur DR 2/3
--------	--------------------------------	---------------------

Pour obtenir un réglage suivant Y de la position de la plaque de vérin 105, on vous demande de :

- Représenter en trait mixte, la silhouette de la plaque 105, dans sa nouvelle position.
- Modifier le tracé de la plaque 103 initiale qui est donné sur le document DT 6/8.
- Inscrire les nouvelles cotes utiles.
- Souligner en rouge les surfaces susceptibles de recevoir les cales de réglage.

Après cette modification, le problème subsiste.

3 : DIMENSIONS ET REGLAGE DE L'AMORTISSEUR 8

Pour saisir une patte A ou B (voir documents DT 2/8, DT 3/8 et DT 4/8), le module de translation s'immobilise contre la butée escamotable 7a ou 7b grâce à l'amortisseur 8. Le service de maintenance note un choc important lors de cet arrêt qui conduit à un dérèglement fréquent des butées escamotables ainsi qu'un marquage du cylindre du vérin sans tige V6. Dans l'étude qui suit, on va vérifier le dimensionnement et le réglage de cet amortisseur de fin de course 8.

3.1.	RECHERCHE DE LA VITESSE D'IMPACT LORS DU CHOC	
	Barème : 6,5/60	Durée conseillée : 25 min

La vérification de l'amortisseur 8 nécessite de connaître la vitesse de l'ensemble mobile au moment du contact entre l'amortisseur et la butée 7a ou 7b. (Sens du mouvement X*)

Données :

- La pression d'alimentation du vérin V6 vaut constamment 2 bars lors de la translation.
- Le diamètre du piston est de 40mm.
- La masse de l'ensemble en mouvement de translation est de 42 kg.
- L'effort dû aux frottements, s'oppose au mouvement, suivant X ; il a pour norme 190 N.
- La course de l'ensemble mobile pour atteindre la patte A est de 680 mm (amortissement inclus)

Q 3.1.1.	Documents à consulter : PR 4/4, DT 6/8, DT 7/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	--	-------------------------------

- Ecrire le bilan des Actions Mécaniques Extérieures agissant sur l'ensemble en mouvement noté E (plateau porte-pince PR 4/4)
Ecrire les torseurs sous la forme : $\{T_{\text{extérieur} / E}\}$
- Ecrire le théorème de la résultante issu du principe fondamental de la dynamique appliqué à l'ensemble en mouvement E (les résultantes sont notés sous la forme : $\overrightarrow{F_{\text{extérieur} / E}}$).
- Exprimer cette équation en projection sur X et en déduire la valeur de l'accélération.

Q 3.1.2.		Répondre sur feuille de copie
-----------------	--	-------------------------------

- Ecrire les 3 équations de ce mouvement (x, v et a), si on admet qu'il s'agit d'un Mouvement Rectiligne Uniformément Accélééré.
- Définir la course de l'ensemble en mouvement E avant l'amortissement pour la prise d'une patte de type A.
- Calculer le temps et en déduire la vitesse d'impact de l'amortisseur contre la butée escamotable

3.2.	VALIDATION ET REGLAGE DE L'AMORTISSEUR	
	Barème : 5/60	Durée conseillée : 25 min

L'amortisseur ne doit provoquer aucun choc ni au moment de l'impact (début de sa course) ni en fin de course d'amortissement. Il doit aussi supporter la cadence de production qui est au maximum de 400 pièces par heure

Données :

- Force motrice = Effort vérin – Effort de frottement
- L'effort de frottement qui s'oppose au mouvement a pour norme 190 N.
- Quels que soient les résultats précédents, on adopte une vitesse d'impact de 1,37 m/s
- La pression d'alimentation du vérin linéaire vaut constamment 2 bars lors de la translation.
- Le diamètre du piston est de 40mm.
- L'amortisseur est un ACE MA 600 M réglable (voir DT 7/8).
- La masse de l'ensemble en mouvement de translation est de 42 kg.

Q 3.2.1.	Documents à consulter : DT 7/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	--------------------------------	-------------------------------

- A partir des formules du DT 7/8, calculer l'énergie totale par cycle et par heure.
Conclusion.

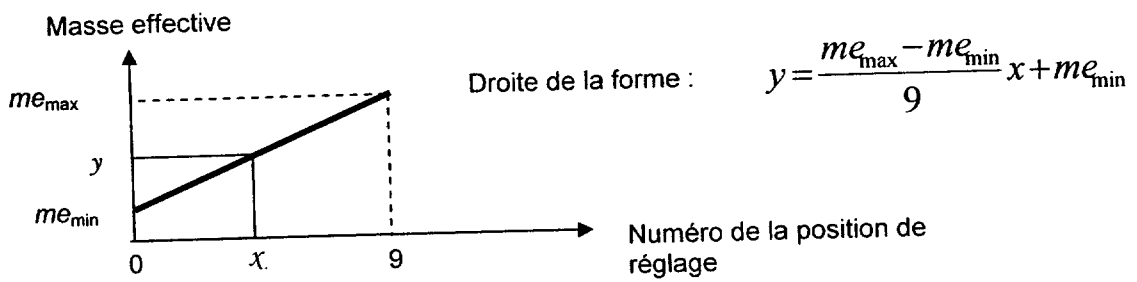
Q 3.2.2.	Documents à consulter : DT 7/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	---------------------------------------	-------------------------------

- Calculer la masse effective m_e . Conclusion.

Q 3.2.3.	Documents à consulter : DT 7/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	---------------------------------------	-------------------------------

Le réglage de la masse effective de l'amortisseur est obtenu par une bague de réglage graduée de 0 à 9 ; l'évolution de la position de réglage en fonction de la masse effective est de type linéaire (voir courbe et équation ci-dessous).

- Déterminer, à l'aide de la formule et des renseignements fournis pour l'amortisseur choisi, le numéro de la position qui permet de s'approcher le plus possible de la masse effective calculée précédemment :

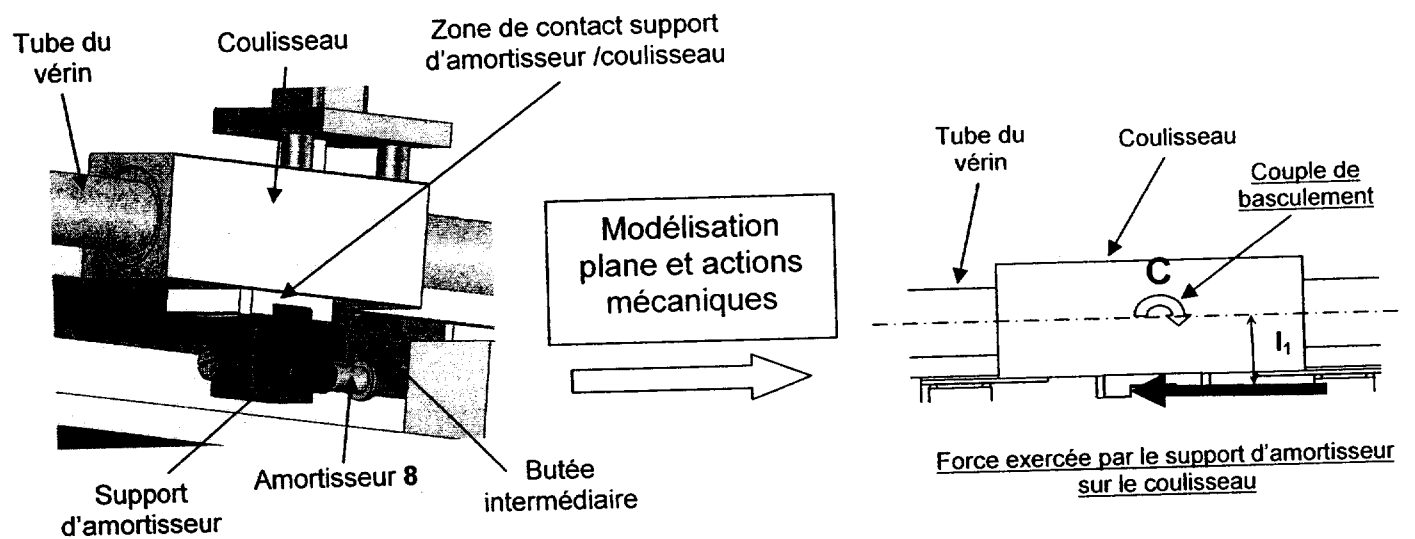


Conclusion :

Le réglage adapté de l'amortissement permet de diminuer les chocs et les vibrations, ce qui conduit à une diminution des arrêts de production pour cause de mauvaise préhension des pattes de fixation.

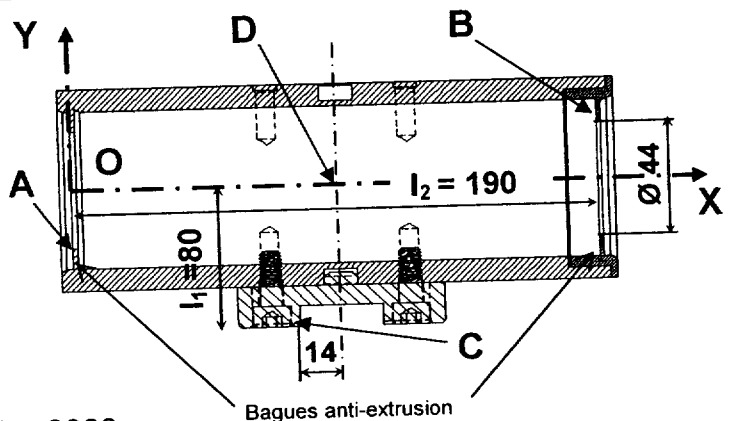
4 : VERIFICATION DU CHOIX DU VERIN V6

En fin de mouvement, le coulisseau est bloqué par l'amortisseur 8 alors que le vérin V6 (voir DT 5/8) reste alimenté ; la pression d'air sur le piston monte alors à 4,8 bars. Du fait de l'excentration I_1 du coulisseau par rapport à l'amortisseur, un couple C se crée, et se répercute sur le tube du vérin en le déformant jusqu'à bloquer le piston. Le service de maintenance souhaite vérifier cette analyse par calcul pour valider le choix du vérin V6 et son montage.



4.1.	EFFORTS EXERCES PAR LE TUBE SUR LE COULISSEAU	
	Barème : 6/60	Durée conseillée : 25 min

Les coussinets du coulisseau (voir DT 5/8) sont protégés par des joints arrêtés par des bagues anti-extrusion qui glissent sur le tube. On considère que la présence de ce couple de basculement, entraîne des contacts localisés en A et B, avec altération en ces points du tube.

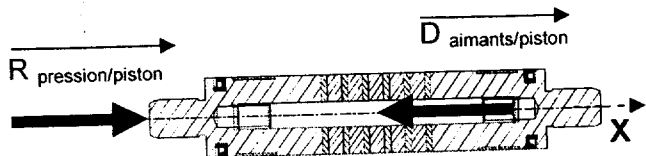


Données :

- vérin linéaire FESTO DGO – 40 – 2000 ; piston de diamètre $d = 40$ mm
- pression lorsque le coulisseau est bloqué en fin de course $p = 4.8$ bars
- le porte-à-faux (distance entre le point C et l'axe du vérin) est $l_1 = 80$ mm.
- la distance suivant l'axe X entre les points A et B est $l_2 = 190$ mm.
- on admet que le problème est plan.

Q 4.1.1.	Répondre sur feuille de copie
----------	-------------------------------

En admettant que le piston est en équilibre sous 2 glisseurs portés par l'axe \vec{D}_x :



- Calculer le module de $\vec{R}_{pression/piston}$
- En déduire le module de $\vec{D}_{aimants/piston}$

Q 4.1.2.	Répondre sur feuille de copie
----------	-------------------------------

On étudie maintenant l'équilibre du coulisseau et on admet que :

- Le poids du coulisseau est négligé.
- L'action du tube sur le coulisseau se réduit en 2 glisseurs d'axe \vec{Y} en A et B (c'est à dire que le frottement est négligé)
- L'action du support d'amortisseur sur le coulisseau se réduit en C en un glisseur d'axe X
- Quels que soient les résultats trouvés précédemment, l'action des aimants sur le coulisseau se réduit en D en un glisseur (données en N) :

$$\vec{D}_{aimants/coulisseau} = \begin{pmatrix} 600 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Isoler le coulisseau ; faire un croquis simplifié pour représenter les actions mécaniques qui agissent sur lui ; appliquer le Principe Fondamental de la Statique au coulisseau et en déduire les actions mécaniques appliquées en A et B par le tube sur le coulisseau.

4.2.	DEFORMATION DU TUBE	
	Barème : 4/60	Durée conseillée : 15 min

Ces actions mécaniques A et B qui s'appliquent sur des surfaces réduites, conduisent à une pression de contact très importante, autour des points A et B , entre le coulisseau et le tube du vérin, d'où une déformation de ce tube mince. On utilise les résultats d'un logiciel de calcul par éléments finis pour vérifier que la déformation du tube n'est pas supérieure au jeu existant dans l'ajustement piston/cylindre du vérin.

Q 4.2.1.	Documents à consulter : DT 8/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	--------------------------------	-------------------------------

Le doc. DT 8/8 présente l'évolution du déplacement des différents points du tube au voisinage des zones de contact avec le coulisseau.

- Déterminer la valeur maximum de la déformation de ce tube en expliquant la démarche suivie à l'aide d'un croquis
- Représenter la déformation en dessinant à main levée une section du tube au niveau des points A ou B

Q 4.2.2.	Documents à consulter : DT 8/8	Répondre sur feuille de copie
-----------------	--------------------------------	-------------------------------

Le document DT 8/8 présente un extrait de la norme ISO relative aux cotes tolérancées.

- Calculer le jeu maxi et le jeu mini correspondant à l'ajustement $\varnothing 40 H7 f7$ situé entre le piston et le tube.
- Comparer ces résultats à la déformation maxi calculée ci-dessus et conclure.

Cette étude statique, bien qu'acceptable, n'est pas suffisante car un phénomène de fatigue entraîne une déformation permanente du tube.

5 : MODIFICATION DU MONTAGE DU VERIN V6

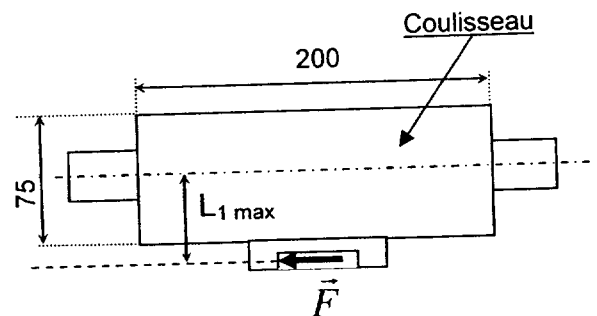
5.1.	BRAS DE LEVIER MAXIMUM ADMISSIBLE	
	Barème : 1/60	Durée conseillée : 5 min

Lors de son blocage en fin de course sur la butée intermédiaire, l'effort appliqué au coulisseau par le vérin est de $F = 600N$.

Q 5.1.	Documents à consulter : DT 5/8	Répondre sur feuille de copie
---------------	--------------------------------	-------------------------------

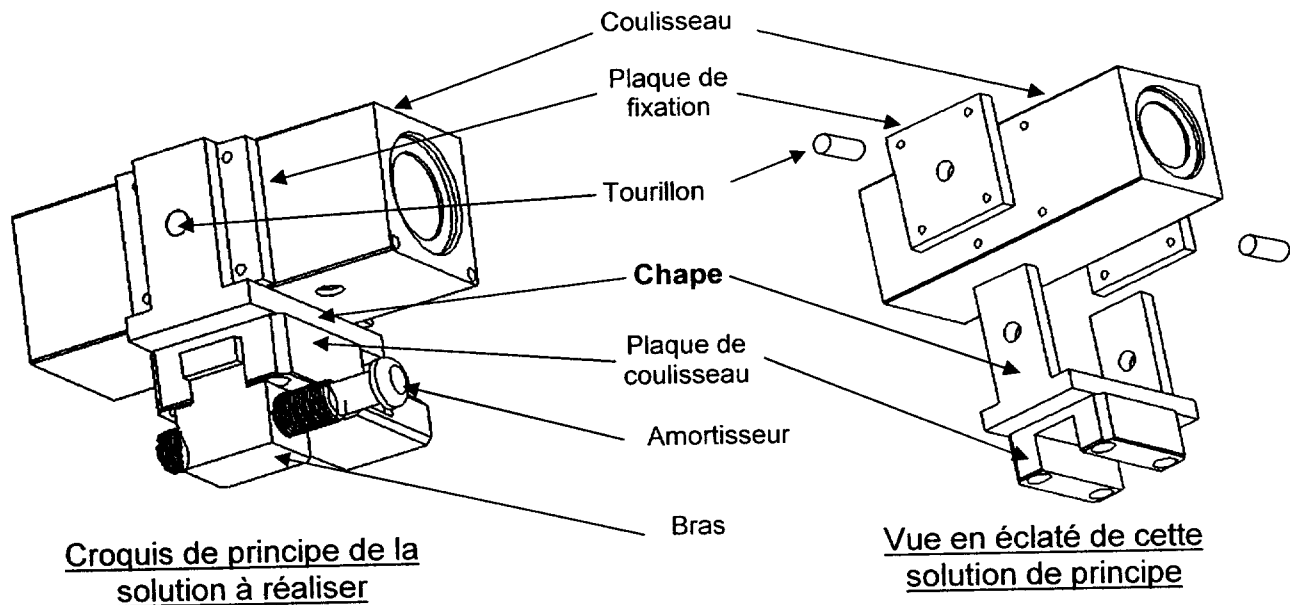
A l'aide de l'abaque du document DT 5/8 et de la figure ci-contre :

- Déterminer, le bras de levier maximal $L_{1 \max}$ admissible par le vérin, lors de la saisie des pattes.
- Vérifier si cette la valeur de $L_{1 \max}$ est compatible avec la dimension extérieure du coulisseau



5.2.	MODIFICATION DU MONTAGE DU VERIN	
	Barème : 11/60	Durée conseillée : 60 min

Le service de maintenance décide de transmettre l'effort de l'amortisseur sur le coulisseau par l'intermédiaire d'une chape pour supprimer le bras de levier.



Croquis de principe de la solution à réaliser

Vue en éclaté de cette solution de principe

- La chape est en liaison pivot avec le coulisseau grâce à deux tourillons et deux plaques de fixation :
 - Les tourillons sont en liaison encastrement démontable avec la chape.
 - Les plaques de fixation sont encastrées sur le coulisseau.
 - Les tourillons viennent se loger dans les alésages pré usinés du coulisseau et dans les plaques de fixation (*)
- La chape est centrée et en liaison encastrement démontable avec la plaque de coulisseau (la liaison par vis n'est pas à représenter).
- Le coulisseau ne doit pas être usiné ; il est livré avec deux faces munies de quatre trous taraudés M6 et d'un alésage de diamètre 12 (voir document DR 3/3).

(*) Les plaques permettent d'augmenter la longueur du guidage en rotation.

Q 5.2.	Documents à consulter : DT 3/8, DT 5/8	Répondre sur DR 3/3
---------------	--	---------------------

- Représenter à l'échelle 1/1, en vue de face, en coupe A-A et toute vue annexe utile:
 - La liaison encastrement démontable entre la plaque de fixation d'épaisseur 8 et le coulisseau.
 - La chape réalisée en mécano soudé à partir de plaques d'épaisseur 8.
 - Les deux tourillons, à définir, qui assurent la liaison pivot entre la chape et l'ensemble (plaque de fixation + coulisseau).
 - La liaison encastrement entre les tourillons et la chape.
- Mettre en place les jeux axiaux et les ajustements.