

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

**Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)**

Questionnaire

Ce dossier contient les documents DQ 1/12 à DQ 12/12

Au niveau de chaque question figurent le barème de notation et des indications relatives à la durée de travail conseillée.

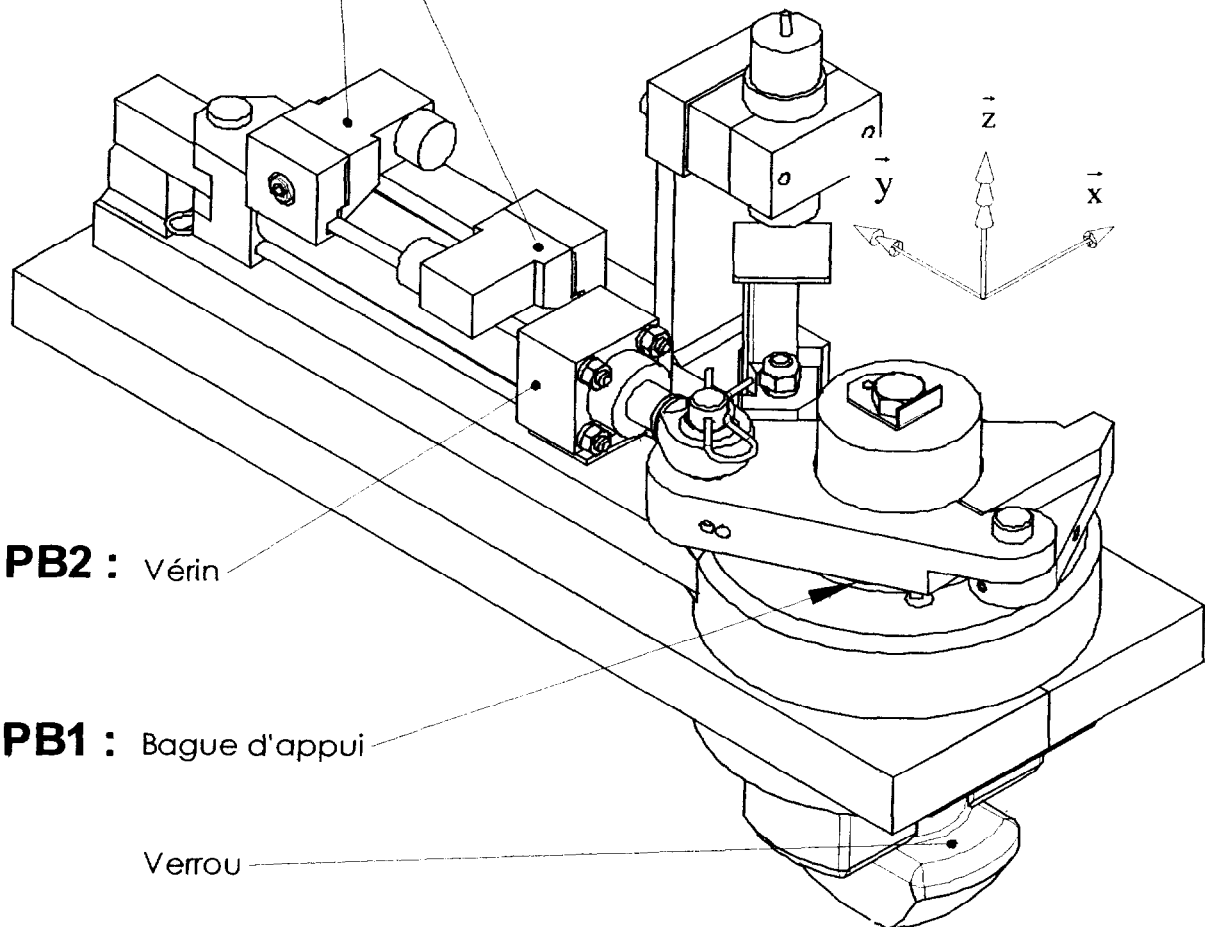
EXPOSÉ DES PROBLÈMES

L'étude proposée concerne essentiellement le système de verrouillage - voir document DT 1/8.
Le verrou **5** peut pivoter de $\frac{1}{4}$ de tour sous l'action du vérin **2** pour prendre ou libérer le conteneur.
Le palpeur **6** détecte la présence du conteneur, dégage le bloqueur **13** et informe le capteur **15**.

Le service de maintenance a fait le bilan des récents dysfonctionnements qui se traduisent par des immobilisations du système et donc par une perte de production :

- PB1 La bague d'appui **9** se dégrade anormalement.
- PB2 Les joints du vérin s'usent trop rapidement et on constate des fuites.
- PB3 L'orientation des verrous n'est pas stable.
- PB4 On constate des défauts dans la mise en position des bras télescopiques.

PB3 : Capteurs positions :
- déverrouillé
- verrouillé



PB2 : Vérin

PB1 : Bague d'appui

Verrou

PB4 : Non illustré

CONSIGNE : Sauf indications particulières, les réponses seront rédigées dans l'ordre sur feuille de copie.

ANALYSE DU MECANISME

Q1	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 18 min
-----------	------------------------	--------------------------------------

Documents à consulter : **DT 1/8**.
Répondre sur **DR 1/7**.

Connaissance du mécanisme de verrouillage.

A l'aide du document **DT 1/8**, **identifier** sur le schéma du document réponse **DR 1/7** les classes d'équivalence cinématiques (**c.e.c**) ou sous-ensembles de pièces ayant le même mouvement par rapport à un repère donné

Pour cela :

- **Lister** les repères des pièces appartenant à ces classes d'équivalence cinématiques.
- **Colorier** ces classes d'équivalence cinématiques sur le document **DR 1/7** en respectant le code des couleurs fourni.
- **Nommer** les liaisons dans les cadres prévus à cet effet.

NB : - Dans cette étude le palpeur **6** ne sera pas pris en compte.

- S'ils le souhaitent, les candidats peuvent colorier les classes d'équivalence cinématiques sur le document **DT 1/8**, mais ce dernier n'est pas à rendre avec la copie..

Q2	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
-----------	------------------------	-------------------------------------

Documents à consulter : **PR 4/4** et **DT 1/8**.
Répondre sur feuille de copie.

Identification d'un actionneur.

Le document de présentation **PR 4/4** décrit les phases de fonctionnement à l'aide d'un tableau.

Nommer l'actionneur qui assure la rotation des verrous dans les phases 6 et 10.

PROBLEME 1

DEGRADATION DE LA BAGUE D'APPUI 9 (DT 1/8)

On constate une détérioration rapide de la bague d'appui **9**. Sa surface de contact avec les demi-colliers **7** et **8** présente localement des arrachements de métal.

Les causes probables de cette dégradation peuvent être :

- 1 - Des causes dimensionnelles.
- 2 - Des causes liées aux actions mécaniques de contact.

1 CAUSES DIMENSIONNELLES.

Le collier de verrou est en deux parties **7** et **8**. Un défaut de co-planéité des surfaces de ces demi-colliers en contact avec la bague d'appui **9** peut limiter l'aire de la surface de contact. La pression anormale qui en résulterait est susceptible de dégrader la surface d'appui.

Q3	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : : DT 1/8 et DR 2/7. Répondre sur DR 2/7.		
<p>Identifier les surfaces normalement en contact entre la bague d'appui 9 et le collier assemblé. Pour cela :</p> <p>Colorier :</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ En rouge la surface de la bague d'appui 9 en contact avec le collier assemblé (7+8). ⇒ En bleu la surface de contact de 7 avec la bague d'appui. ⇒ En vert la surface de contact de 8 avec la bague d'appui. 		

Q4	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
Documents à consulter : : DT 1/8 et DR 2/7. Répondre sur DR 2/7.		
<p>Analyse d'une cause dimensionnelle possible.</p> <p>Indiquer sur la coupe E-E du document DR 2/7 la cote de 7 et celle de 8 qui peuvent avoir une incidence manifeste sur la coplanéité des surfaces de 7 et de 8 en contact avec la bague 9.</p>		

Des vérification faites sur le mécanisme à partir de cette analyse ne permettent pas de mettre en cause un défaut de coplanéité significatif des surfaces de **7** et de **8** en contact avec la bague **9**.

2 ETUDE MECANIQUE DE LA LIAISON.

L'origine dimensionnelle de la dégradation ayant été écartée, il convient de reprendre l'étude de la liaison. Deux voies de résolution du problème sont envisagées :

- amélioration de la solution par appui plan en jouant sur la qualité des matériaux employés et sur la dimension des surfaces d'appui.
- modification de la forme géométrique des surfaces en contact.

2.1 AMÉLIORATION DE LA SOLUTION ACTUELLE PAR APPUI PLAN.

L'usage d'un matériau à performances élevées est décidé pour réaliser la bague d'appui **9**. Il s'agit d'un matériau fritté METAFRAM FP15 dont on donne les caractéristiques ci-dessous.

REFERENCE	METAFRAM FP 15
Composition	Fer - Bronze - Plomb
Pression statique maximale	45 MPa
Vitesse linéaire maximale	4 m/s
Température admissible	de -20° à 100°

On envisage deux cas de répartition de la pression de contact :

- Cas idéal : la charge est centrée.
- Cas limite : la charge est excentrée.

Voir données de calcul sur le document DT 2/8.

Q5	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
Documents à consulter : : DT 2/8 et DR 2/7. Répondre sur feuille de copie.		

CAS IDEAL : **Calculer** la pression de contact supposée uniforme sur la bague d'appui **9** et dire si elle est compatible avec le matériau FP 15.

Q6	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
Documents à consulter : : DT 2/8 et DR 2/7. Répondre sur feuille de copie.		

CAS LIMITE : **Calculer** la pression maximale de contact sur la bague d'appui **9** dans le cas d'une charge excentrée et dire si cette pression est compatible avec le matériau FP 15.

Q7	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : : DT 1/8. Répondre sur DR 3/7.		

Afin de réduire la pression maximale de contact, il est possible d'augmenter l'aire des surfaces en contact. Dans ce but, on se propose de déterminer le rayon extérieur maxi R_{eMax} qu'il est possible de donner à la bague **9**, compte tenu des contraintes d'encombrement. On admet la possibilité de rectifier localement la forme externe de **7** pour accepter la bague **9** de rayon maxi.

- **Déterminer** sur DR 3/7 la valeur de R_{eMax} et tracer le cercle enveloppe correspondant.
- **Justifier** ce tracé.

Q8	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
Documents à consulter : : DT 2/8 et DQ 3/12. Répondre sur feuille de copie.		

La bague **9** étant modifiée en dimensions :

$$R_i = 27,5 \text{ mm et } R_e = R_{eMax}$$

Vérifier dans ces conditions si la pression maximale de contact sur la bague d'appui **9** est compatible avec le matériau FP 15 dans le cas d'une charge excentrée.

Conclure sur l'efficacité de cette solution avec ce matériau..

2.2 MODIFICATION DE LA FORME DES SURFACES FONCTIONNELLES DE CONTACT.

Quels que soient les résultats trouvés en 2.1 et pour tenir compte de l'incidence parfois importante de déformations du conteneur à la suite de chocs, on demande d'étudier une solution qui prévoit une modification de forme des surfaces fonctionnelles de contact.

La solution proposée prévoit l'usage d'une rotule axiale **9a** – **9b** en remplacement de la bague d'appui **9** (Voir DT 3/8 et DT 4/8). L'élément **9a** est en acier et l'élément **9b** en matériau METAFRAM FP15.

DONNÉES : en charge maxi $\|\vec{F}_{Cont \rightarrow 5}\| = 10^5 \text{ N}$

Q9	Barème : 1,5 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : : DT 3/8 et DT 4/8 Répondre sur feuille de copie.		

A partir du mode de calcul fourni sur DT 4/8, calculer :

- la pression maxi p_{3max} au niveau du contact sphérique entre 9a et 9b.
- la pression p_4 au niveau du contact plan entre 9b et 12.

Q10	Barème : 0,5 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : : DT 3/8 et DT 4/8 Répondre sur feuille de copie.		

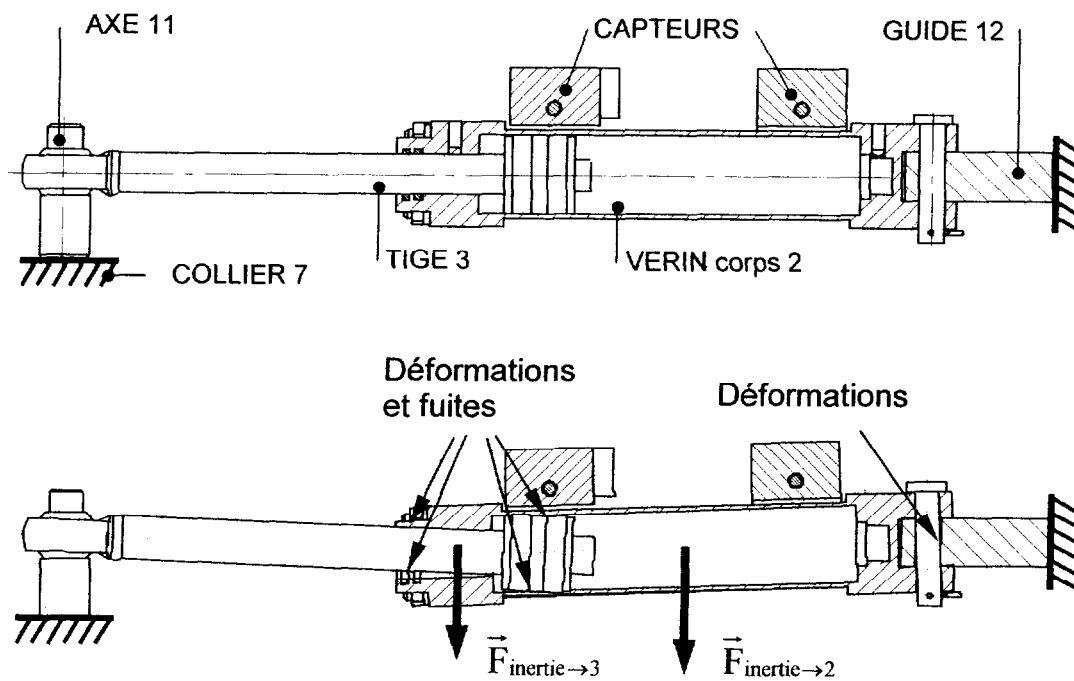
Conclure sur la validité de cette solution.

PROBLEME 2

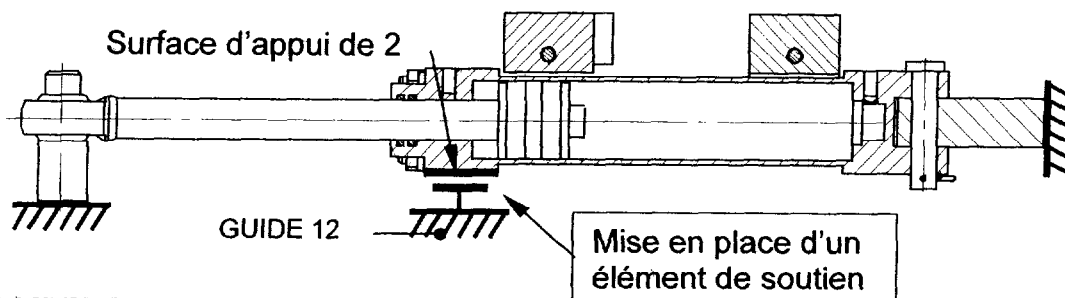
DEGRADATION DES JOINTS DU VERIN

Lors de la phase n°4, (voir document PR 4/4) la dépose brutale avec choc du spreader sur le conteneur provoque une forte décélération et des actions mécaniques d'inertie sur le vérin avec :

- surcharge les liaisons.
- dégradation de la liaison entre le corps de vérin 2 et la tige 3.
- mauvaise position des joints.
- dégradation rapide de ces joints provoquant des fuites importantes.



Pour éviter ces dégradations du vérin, on décide de fixer sur le guide **12** un élément de soutien du corps **2** du vérin. (voir figure ci-dessous).



3 - SOUTIEN DU VERIN

Q11	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 18 min
Documents à consulter : PR 4/4 Répondre sur DR 4/7.		

Sur le document **DR 4/7**, on donne les dimensions et la position en phase 7, de la surface d'appui du corps de vérin **2** en contact avec l'élément de soutien que l'on veut définir.

1. **Indiquer** la position du point **K** situé sur l'axe de **11** en phase 4. (Position « déverrouillée »)
2. **Tracer** la trajectoire de ce point **K** et définir l'angle de débattement de l'axe du vérin en négligeant l'incidence du jeu dans les liaisons.
3. En déduire sur le document **DR 4/7** les limites de la zone couverte par le déplacement de la surface d'appui du corps de vérin **2** au cours des phases n° 6 et 10 (Voir document **PR 4/4**). **Tracer** en rouge et **coter** la surface de l'élément de soutien du corps **2** du vérin en considérant que le contour de cette surface doit être rectangulaire.

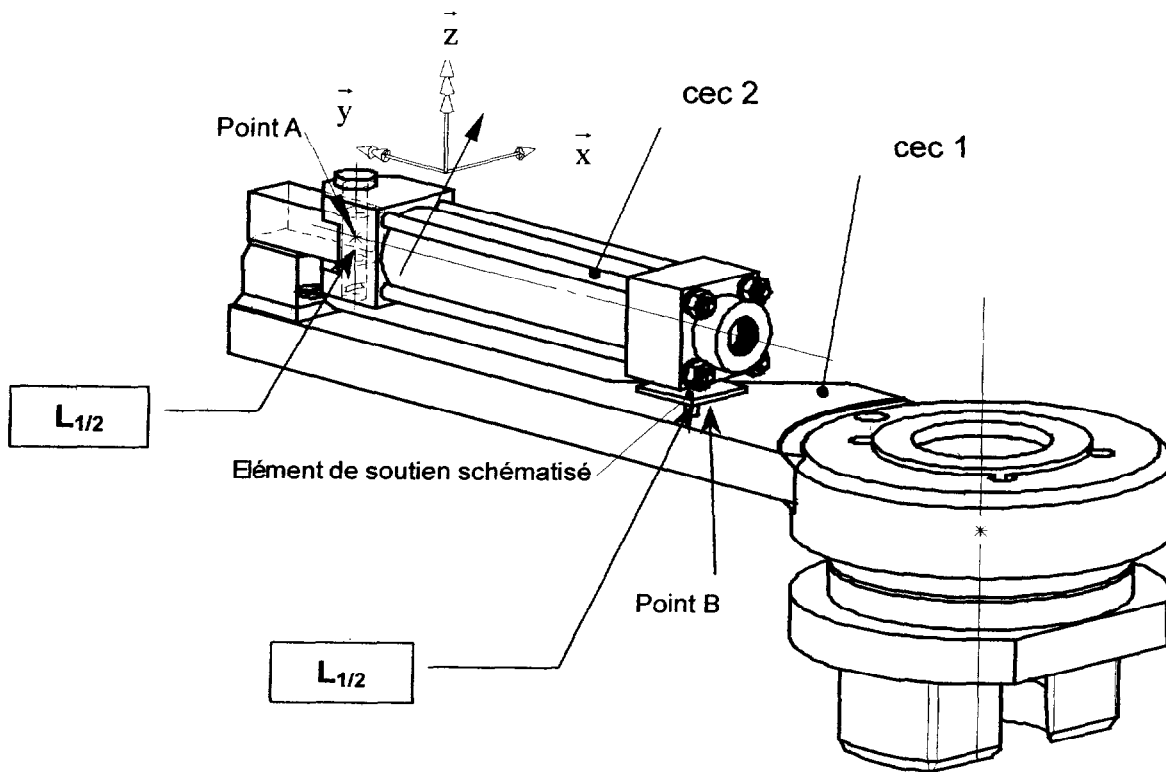
Q12	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 25 min
Documents à consulter : DR 5/7 et DT 1/8. Répondre sur DR 5/7.		

Sur le document **DR 5/7**, **concevoir** et **représenter** l'élément de soutien avec sa fixation par vis sur le guide **12**, en utilisant les résultats de l'étude conduite à la question **Q11**. Le matériau utilisé est du "P.U.R", matériau plastique ayant une grande résistance aux chocs, à l'abrasion et à l'usure, une bonne tenue au vieillissement et une bonne usinabilité.

RAPPEL : Les effets dynamiques décrits ci-dessus ne se produisent qu'au cours de la phase n°4, mais il est nécessaire que la liaison entre la surface d'appui du corps **2** et l'élément de soutien ne soit jamais rompue au cours du fonctionnement..

4 - ANALYSE DU MONTAGE DU CORPS DE VERIN

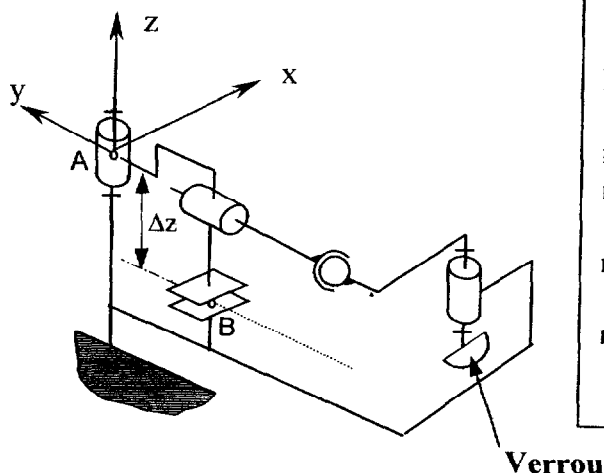
MISE EN POSITION DE 2 PAR RAPPORT A 1



Q13	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : Figures ci-dessus et ci-dessous. Répondre sur feuille de copie.		

La mise en place de l'élément de soutien du vérin, impose au montage des contraintes dimensionnelles et géométriques, entre la liaison en A du corps du vérin 2 et la liaison en B du soutien lié au support 1. **Déterminer** le nombre de ces contraintes de réglages en appliquant au schéma cinématique la relation $h = m_u + m_i + \sum n_s - 6(n - 1)$ explicitée ci-dessous (Le schéma intègre l'élément de soutien L1/2 en B)

Exprimer ces contraintes dimensionnelles (\leftrightarrow) ou géométriques ($\perp, //, \dots$) entre les liaisons L1/2 en A et L1/2 en B, sachant qu'une de ces contraintes est dimensionnelle (ΔZ) entre l'élément de soutien L1/2 et l'attelage du vérin L3/4..

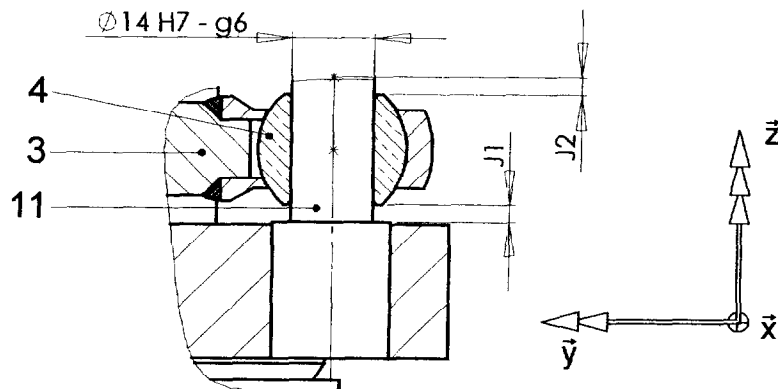


$$h = m_u + m_i + \sum n_s - 6(n - 1)$$

- h : degré d'hyperstatisme donnant le nombre de contraintes
- m_u : mobilité utile = 1 (la rotation du verrou)
- m_i : mobilité interne = 1 (le piston du vérin est libre en rotation)
- n_s : nombre d'inconnues statiques de chaque liaison (ex : liaison pivot ; $n_s = 5$)
- n : nombre de c.e.c. (classes d'équivalences cinématiques)

5 - ANALYSE DU MONTAGE DE LA TIGE DE VERIN

La contrainte dimensionnelle ΔZ est difficilement contrôlable à la mise en place du vérin.
 Pour la supprimer on envisage le montage de l'extrémité de la tige **3** du vérin sur l'axe **11** (liaison $L_{3/11}$) conformément à la figure ci-dessous (liaison $L_{3/14}$), avec la présence de jeux $J1$ et $J2$.



Q14	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 6 min
Documents à consulter : Figure ci-dessus. Répondre sur feuille de copie.		

Nommer le modèle de liaison $L_{3/11}$ que l'on peut associer à la solution technologique représentée ci-dessus et **dessiner** son symbole spatial en indiquant sur ce symbole :

- les repères des pièces **3** et **11**.
- les axes \vec{x} , \vec{y} et \vec{z} conformément à la figure ci-dessus

PROBLEME 3

MAUVAISE ORIENTATION DU VERROU

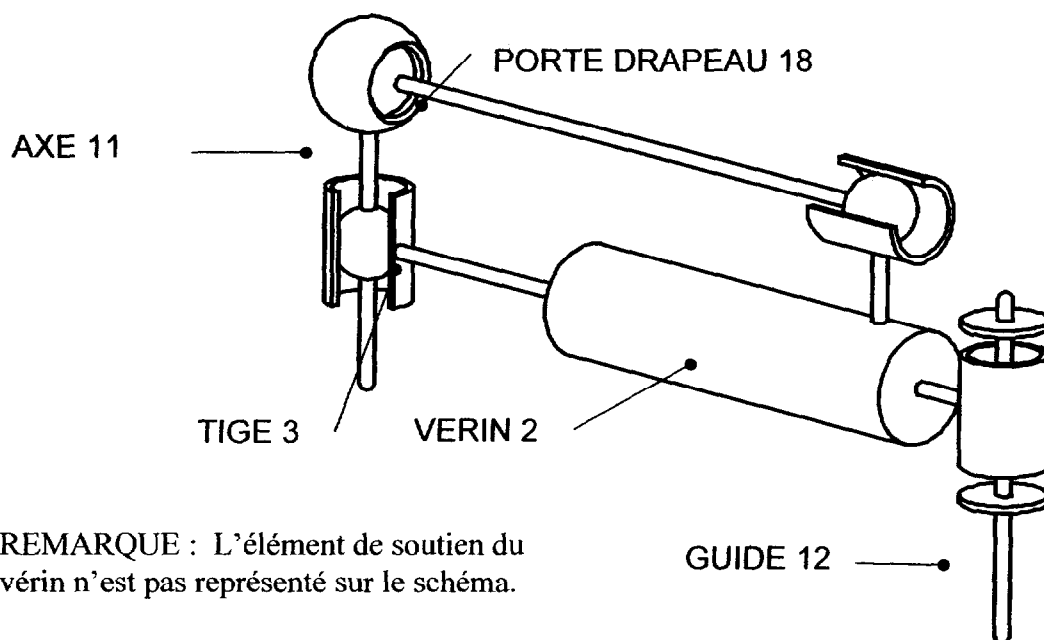
La fixation par pincement des capteurs qui déterminent les positions « verrouillée » et « déverrouillée » du verrou sur les tirants du vérin, n'est pas fiable. En conséquence, la position angulaire du verrou devient mauvaise au bout d'un certain temps et il est impossible d'effectuer la phase 4 du cycle de fonctionnement (voir document *PR 4/4*).

La préhension du conteneur devenant irréalisable, on renonce à utiliser ce type de capteurs.

On se place dans la configuration d'un verrou monté sur une rotule axiale. (Voir étude 2 et document *DT 3/8*). L'élément de soutien du vérin étudié dans la question 12 est en place.

6 - MISE EN PLACE D'UNE TIGE PORTE-DRAPEAUX.

Les capteurs que nous installerons détectent la présence de drapeaux **16a** et **17a** (voir documents *DT 5/8* et *DT 6/8*) montés sur une tige porte-drapeaux **18** qui est attelée à la tige **3** du vérin selon le schéma ci-dessous.



REMARQUE : L'élément de soutien du vérin n'est pas représenté sur le schéma.

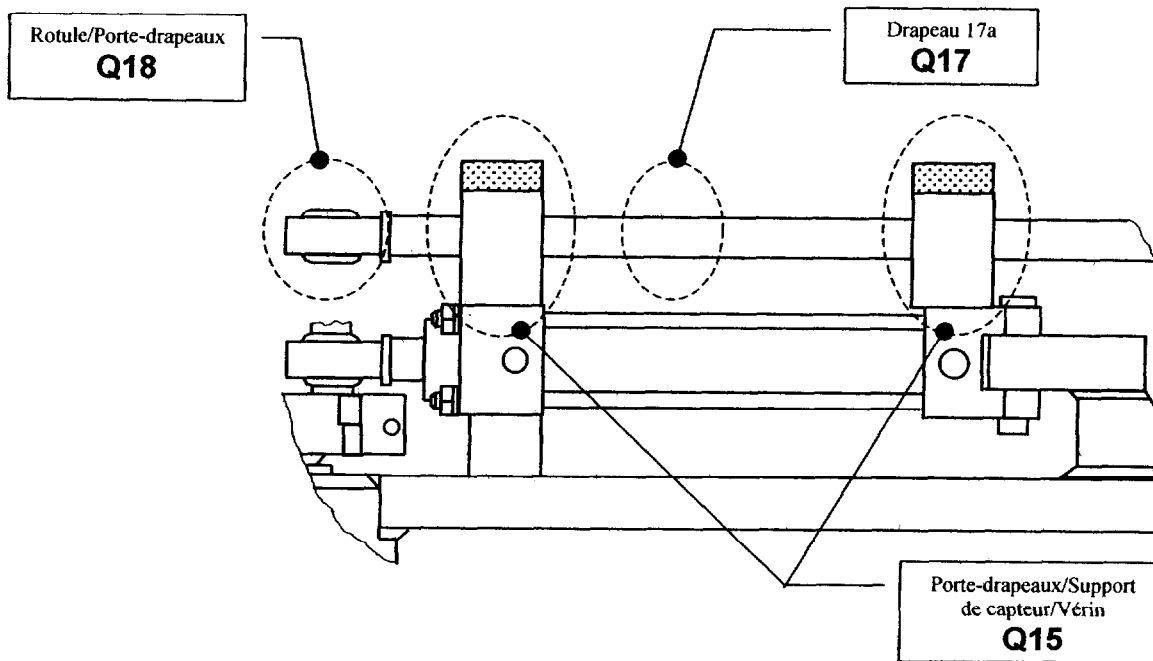
On met en place deux SUPPORTS DE CAPTEURS présentés sur le document *DT 6/8*.

CAHIER DES CHARGES :

- Chaque SUPPORT DE CAPTEUR est lié au vérin **2** (corps) à l'aide de trois vis M6 conformément aux usinages prévus à cet effet sur le corps du vérin.
- Le support du capteur **16** sera percé pour permettre le libre passage du porte-drapeaux **18**.
- Le support du capteur **17** recevra une rotule radiale (voir document *DT 7/8*) pour réaliser une liaison linéaire annulaire avec le porte-drapeaux **18**.
- L'extrémité du porte-drapeaux **18** sera munie du même embout à rotule que celui de la tige **3** du vérin.
- La liaison des supports de **16** et **17** avec le vérin sera réalisée en utilisant des vis CHc M 6.

DQ 9/12

VISUALISATION DES ZONES D'ETUDE.



Q15	Barème : 5 points / 40	Durée de travail conseillée : 40 min
------------	------------------------	--------------------------------------

Documents à consulter : Figures ci-dessus et DT 5/8, DT 6/8 et DT 7/8.
Répondre sur DR 5/7.

Représenter sur le document DR 5/7 l'assemblage des supports des capteurs **16** et **17** avec le vérin et le guidage avec le porte-drapeaux conformément au cahier des charges

Q16	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
------------	------------------------	-------------------------------------

Documents à consulter : DT 5/8, DT 6/8 DT 7/8 et DR 4/7.
Répondre sur feuille de copie.

Déterminer la course utile du vérin et la position du drapeau **17a**. On consultera les données du document DR 4/7.

Q17	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
------------	------------------------	--------------------------------------

Documents à consulter : DT 5/8, DT 6/8 et DT 7/8.
Répondre sur DR 5/7.

Représenter le drapeau **17a** en position sur le document DR 5/7. (*Consulter DT 5/8*).

Le drapeau est pincé sur le porte-drapeaux **18**. Sa position étant déterminée, il est percé en place ainsi que **18** pour loger une goupille élastique et obtenir une liaison indéréglable

Q18	Barème : 4 points / 40	Durée de travail conseillée : 24 min
------------	------------------------	--------------------------------------

Documents à consulter : DT 5/8, DT 6/8 et DT 7/8.
Répondre sur DR 6/7.

Représenter sur le document DR 6/7 la liaison entre le porte-drapeau **18** et l'axe **11**.

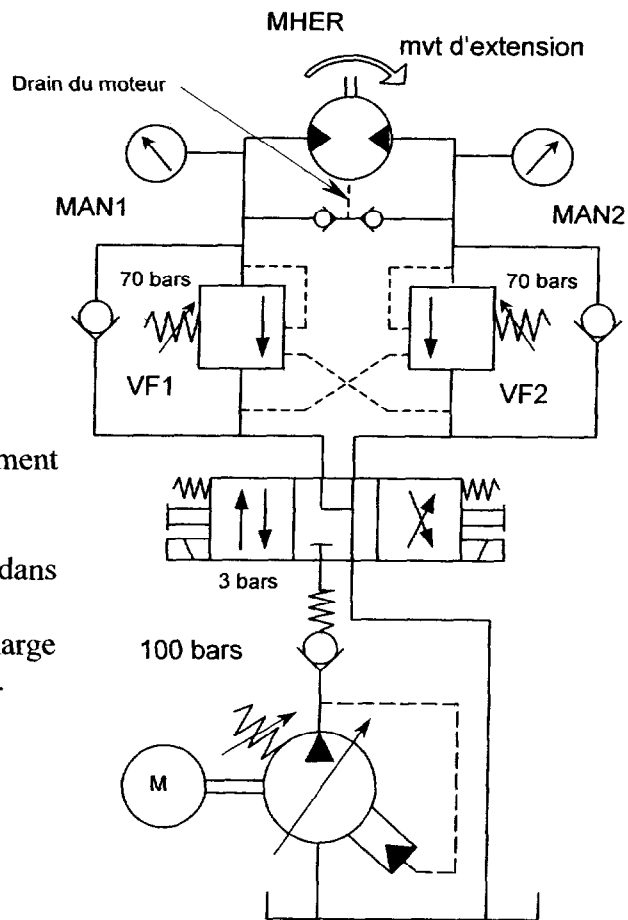
Indiquer les ajustements nécessaires

PROBLEME 4

MISE EN POSITION DES BRAS TELESCOPIQUES

On a reproduit ci-dessous la partie du circuit hydraulique qui alimente le moteur hydraulique MHER. Ce moteur provoque l'extension ou la rétraction des bras télescopiques de façon à adapter le spraeuder aux conteneurs de 20 pieds ou de 40 pieds de long. L'inertie des bras télescopiques impose l'utilisation de valves de freinage. Pour garantir la bonne mise en position des bras télescopiques, on procède régulièrement au ré-étalonnage de ces valves.

Le circuit hydraulique est alimenté par une pompe à cylindrée variable à compensateur de pression. La cylindrée de la pompe varie de manière à maintenir une pression constante de 100 bars.



HYPOTHESES :

Quelle que soit la phase de fonctionnement étudiée, on supposera que :

- Le débit et la pression sont nuls dans le drain du moteur hydraulique.
- Seules les pertes de charge fonctionnelles ne sont pas nulles.

7 - FONCTIONNEMENT DES VALVES DE FREINAGE.

On se situe au cours du freinage hydraulique du mouvement d'extension. (Se reporter au schéma 1 du document DR 7/7). Le sens de rotation du moteur est fléché.

L'arrêt est commandé, le distributeur est en position centrale (position surlignée). On ne prend en considération que les pertes de charge fonctionnelles.

L'arrêt n'est pas encore obtenu. Le sens du débit est fléché sur toutes les canalisations traversées par un débit. (Consulter le document DT 8/8).

Q19	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : DT 8/8 et DR 7/7. Répondre sur DR 6/7.		
<p>Sur le schéma 1 du document DR 7/7 :</p> <p>Donner les valeurs affichées par les deux manomètres MAN1 et MAN2</p> <p>Surligner les canalisations du circuit d'un trait de couleur en utilisant une couleur par niveau de pression.</p> <p>Indiquer la valeur de la pression correspondant à chaque couleur dans la nomenclature des couleurs.</p>		

8 - ETALONNAGE DES VALVES DE FREINAGE.

Pour réaliser l'étalonnage de VF1, on procède comme suit :

- Mise en butée des bras télescopiques. Le moteur MHER est donc bloqué.
- Fermeture de la vanne manuelle VM1.
- Ouverture des vannes manuelles VM2 et VM3.

(Se reporter au schéma 2 du document DR 7/7 et consulter le document DT 8/8). Le distributeur est en position "flèches parallèles" (position surlignée).

Q20	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : DT 8/8 et DR 7/7. Répondre sur DR 7/7.		
<p>Etude en phase d'étalonnage de VF1, (en considérant que la valeur de réglage est obtenue).</p> <p>Sur le schéma 2 du document DR 7/7 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flécher les canalisations traversées par un débit, dans le sens du débit. • Donner les valeurs affichées par les deux manomètres. • Surligner les canalisations du circuit d'un trait de couleur en utilisant une couleur par niveau de pression • Indiquer la valeur de la pression correspondant à chaque couleur. <p>CONSEIL : Vérifier qu'un niveau de pression a bien été affecté (par coloriage) à toutes les canalisations du circuit, qu'elles soient ou non traversée par un débit, sans oublier les canalisations de commande (en pointillés)</p>		