

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

EPREUVE E 4
Analyse fonctionnelle et Structurelle
des Mécanismes

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Durée : 3 heures

Coefficient : 2

Aucun document n'est autorisé

Ce sujet contient 4 dossiers :

- Présentation
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

IMPORTANT : il vous est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à votre disposition.

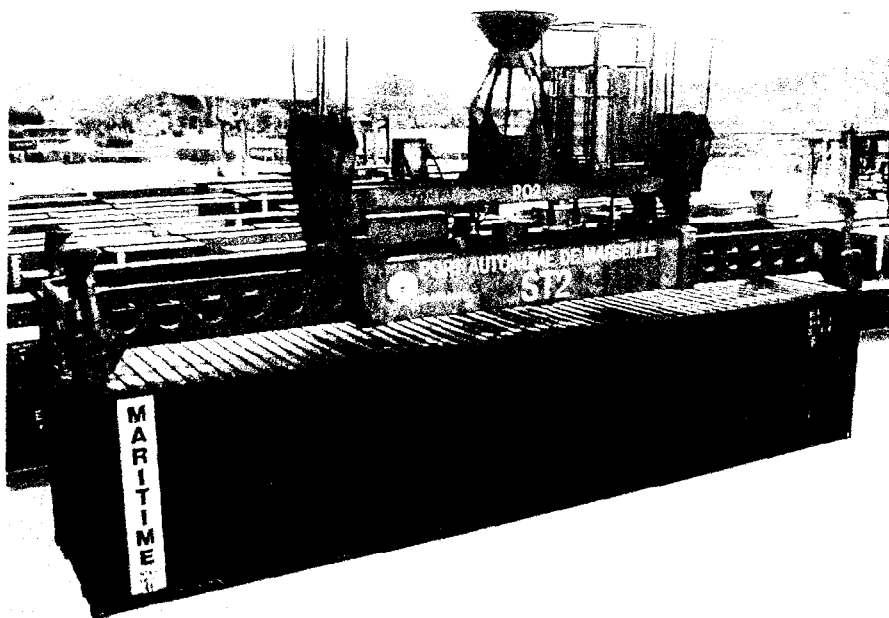
Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2004

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Présentation

Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4

LEVE-CONTENEUR BROMMA



Voir
page PR3/4
pour la mise
en situation
des divers
éléments

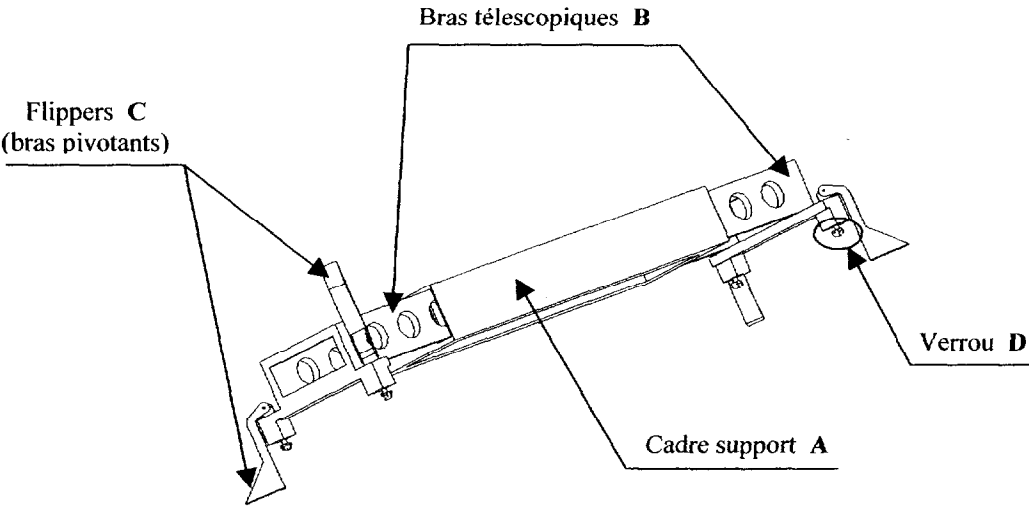
Le lève-conteneur BROMMA (spreader) est utilisé dans les ports pour la manutention des conteneurs lors des chargements et des déchargements de navires. Il permet de saisir et soulever ces conteneurs afin de les déplacer. Il est fixé à un caisson adaptateur suspendu à l'extrémité d'élingues et est manœuvré à distance par un grutier situé dans le poste de pilotage d'un portique de manutention.

Description voir page PR2/4 et PR3/4

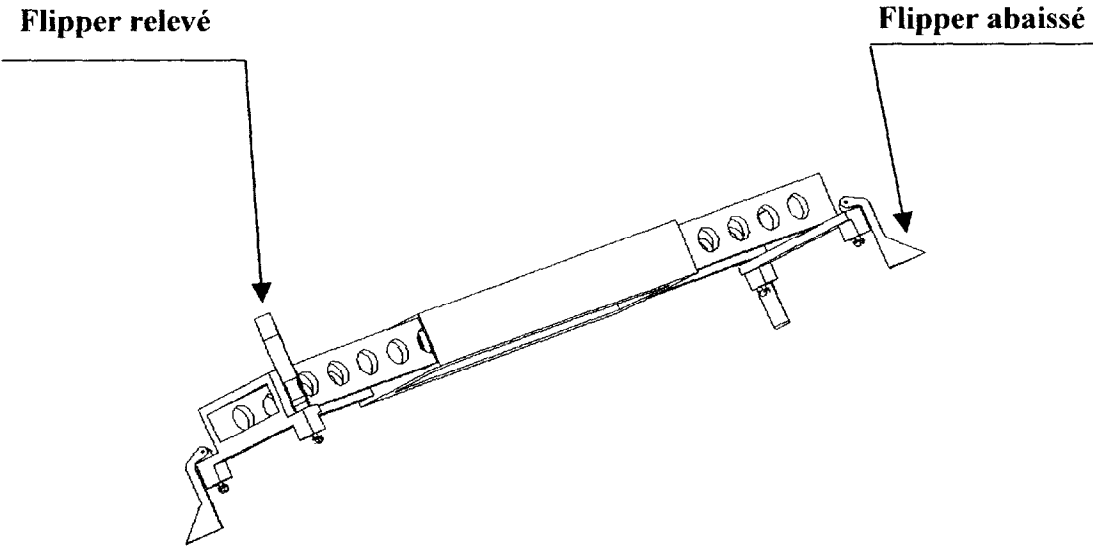
Le spreader est constitué principalement de :

- **1 cadre support** repéré **A** comprenant un groupe hydraulique
- **2 bras télescopiques** repérés **B** qui permettent l'adaptation du spreader à la longueur du conteneur.
L = 20 ft. ou 40 ft. La largeur n'est pas modulable 1 ft. = 30,48 cm
Ces longueurs sont exprimées en « pieds ». Elles correspondent aux longueurs d'un conteneur court et d'un conteneur long
- **4 bras pivotants** repérés **C** (flippers) indépendants et fixés à chaque extrémité des bras télescopiques (2 par bras). Ils aident à la mise en position du spreader au-dessus du conteneur en phase d'approche selon les besoins. (Ils peuvent ne pas être utilisés)
- **4 verrous** repérés **D** qui assurent l'ancrage du spreader sur le conteneur

Attention : les représentations ci-dessous du lève-conteneur sont simplifiées



Position « 20 ft »



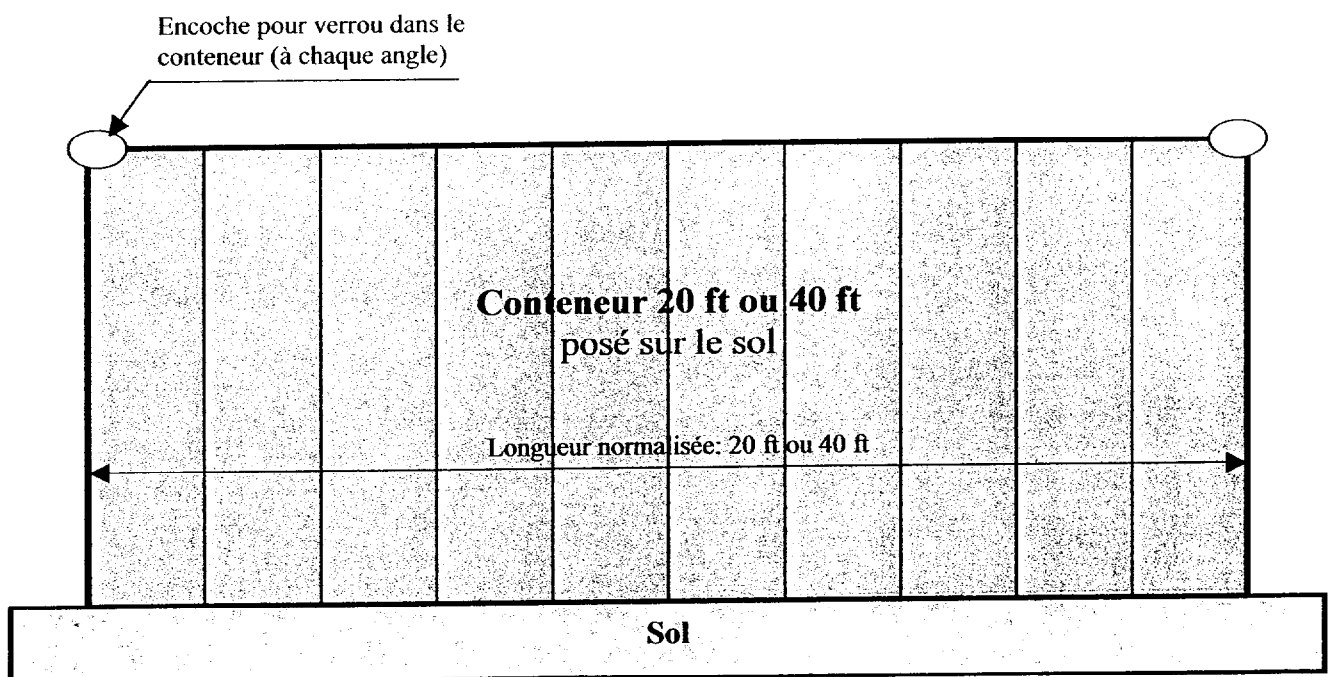
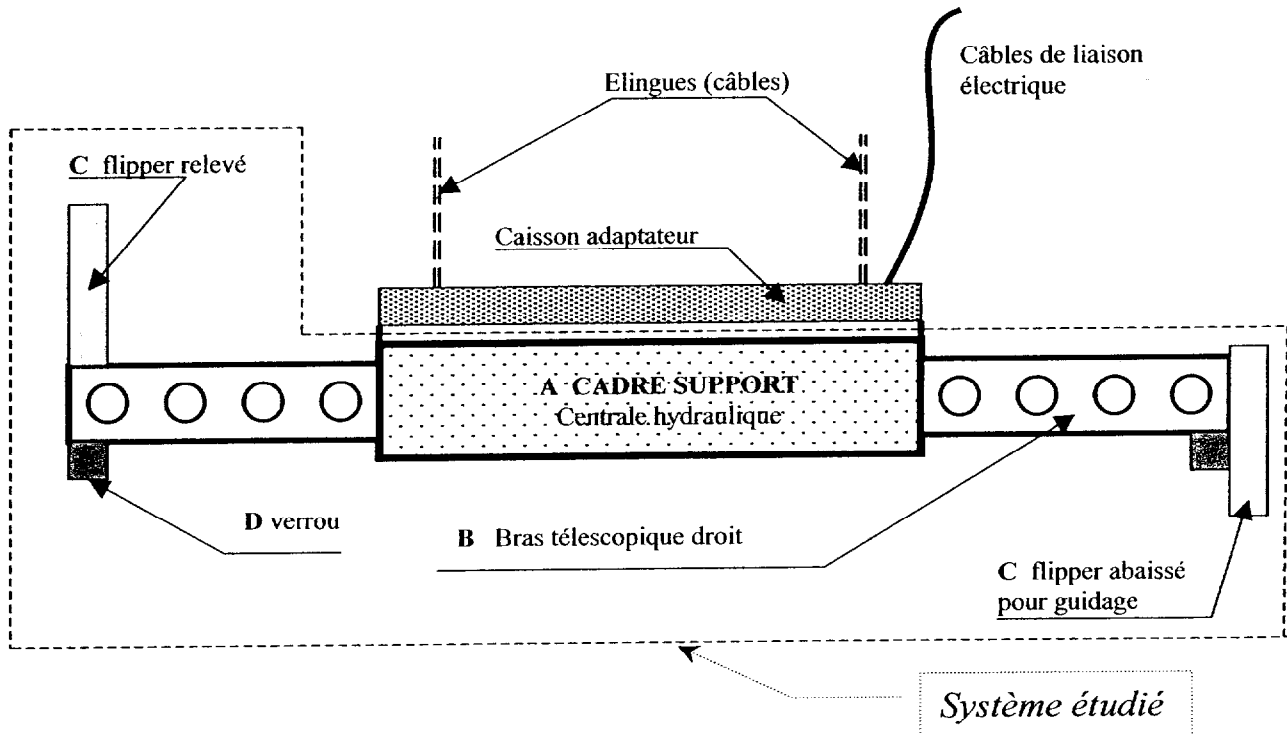
Position « 40 ft »

Données générales

La masse du spreader est d'environ 7,6 tonnes.

La longueur maximale est de 12 mètres (conteneur de 40 ft)

La capacité de levage est de 40.10^3 daN




SCHEMA D'IMPLANTATION

Le spreader est situé au dessus du conteneur

PR 3/4

TABLEAU DES PHASES DE MANŒUVRE D'UN CONTENEUR

Le spreader (lève-conteneur) est suspendu au palan du portique (grue portuaire).



N°	PHASE	ACTIONNEUR
1	Adaptation du spreader à la taille du conteneur : extension ou rétraction des bras télescopiques.	Moteur hydraulique d'extension/rétraction
2	Approche à la verticale du conteneur.	Portique.
3	Alignement des verrous et des orifices du conteneur : descente des flippers.	Moteurs hydrauliques des flippers.
4	Pose sur le conteneur : introduction des verrous.	Palan.
5	Relevage des flippers.	Moteurs hydrauliques des flippers.
6	Rotation d'1/4 tours des 4 verrous : verrouillage.	(*)
7	Levage du conteneur.	Palan.
8	Déplacement du conteneur.	Portique.
9	Pose du conteneur.	Palan.
10	Rotation d'1/4 tour des 4 verrous : déverrouillage.	(*)
11	Dégagement vertical du spreader.	Palan.

(*) Ces actionneurs seront à définir au cours de l'étude d'Analyse Fonctionnelle

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous épreuve E 4-1)

Questionnaire

Ce dossier contient les documents DQ 1/10 à DQ 10/10

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

Présentation des problèmes

Le service de maintenance est sollicité pour analyser et résoudre deux problèmes importants constatés lors de l'utilisation des spreaders :

- Problème A : Détériorations importantes consécutives aux chocs subis par les flippers en phase d'approche et de mise en position du spreader au-dessus des conteneurs

La mise en position du lève-conteneur (spreader) au-dessus du conteneur est une opération délicate. La dextérité du grutier est importante. Une approche trop brutale provoque des chocs entre les flippers abaissés et les conteneurs. Ces chocs se répercutent sur les composants de la chaîne cinématique qui animent les flippers.

Des détériorations importantes ont ainsi été constatées au niveau des roues dentées et des clavetages roues-arbres du réducteur (voir document DQ 3/10). Afin de protéger ces éléments, le service de maintenance propose de recourir à une protection mécanique par "plaques fusibles"

Ces plaques devront se déformer ou se rompre lors de chocs excessifs

Cette solution fait l'objet de l'étude A : Dimensionnement des plaques fusibles

- Problème B : Détériorations des encoches des conteneurs et difficultés d'arrimage sur les conteneurs

Le spreader doit s'adapter aux dimensions du conteneur à déplacer. La distance longitudinale qui sépare les verrous du spreader doit être égale à la distance qui sépare les encoches des conteneurs dans lesquels ils s'engagent pour réaliser le verrouillage avant le levage. (voir présentation PR 3/4)

La mise à la longueur du spreader de 20 ft à 40 ft et inversement ne donne pas satisfaction car les positions varient dans le temps. Il en résulte :

- des chocs importants et donc des déformations des encoches du conteneur lors de la pénétration des verrous dans celles-ci
- une perte de temps lors de la manœuvre d'arrimage

On propose l'ajout d'un dispositif de freinage hydraulique assurant une mise à la longueur fiable dans le temps.

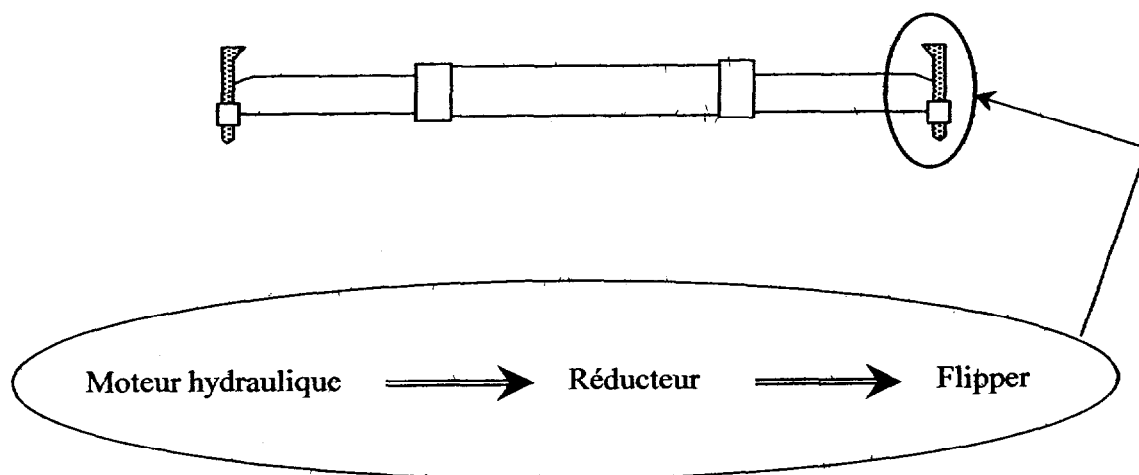
Une réduction de l'influence du frottement est recherchée.

Cette modification du freinage est l'objet de l'étude B : Mise à la longueur des bras

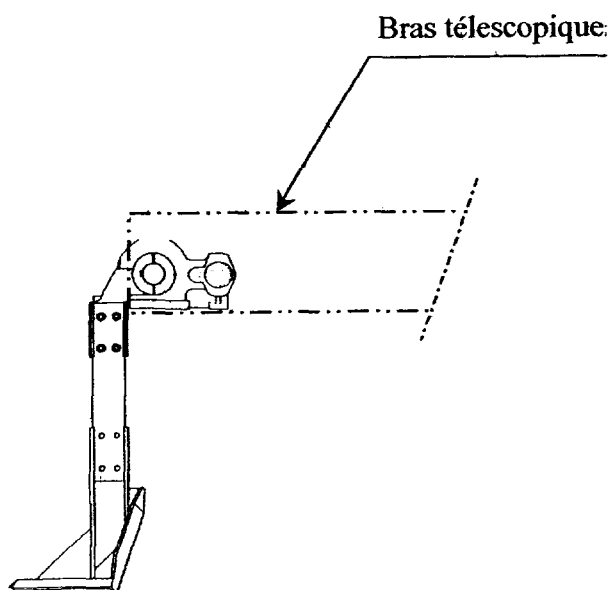
A) Etude du dimensionnement des plaques fusibles.

Mise en situation (Voir PR 2/4)

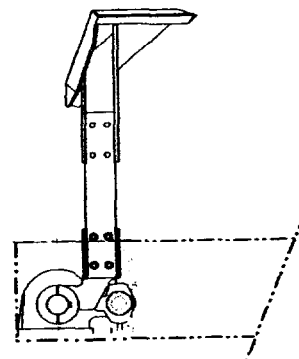
Les 4 flippers fixés aux extrémités des 2 bras télescopiques sont mus par des moteurs hydrauliques indépendants.



Les 4 flippers permettent une mise en position correcte du spreader à la verticale du conteneur. Clavetés sur l'arbre du secteur denté du réducteur (voir figure page suivante), les bras peuvent pivoter de 180° autour de l'axe de sortie du réducteur. (position verticale haute à position verticale basse)



Flipper gauche abaissé

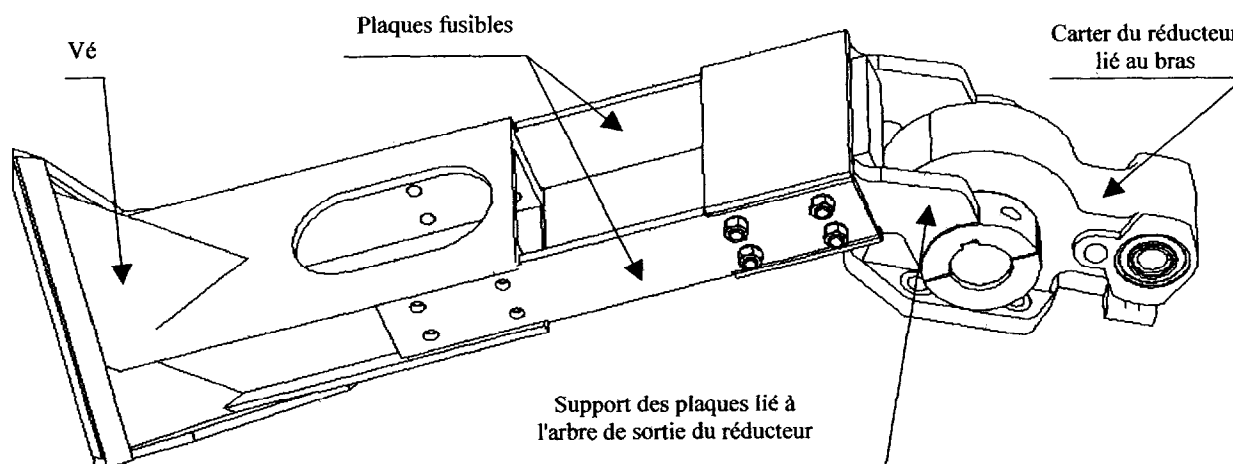


Flipper gauche relevé

Description de la solution proposée :

Deux plaques assurent la jonction entre le porte-plaques lié à l'arbre de sortie du réducteur et le vé d'extrémité (voir perspective ci-dessous)

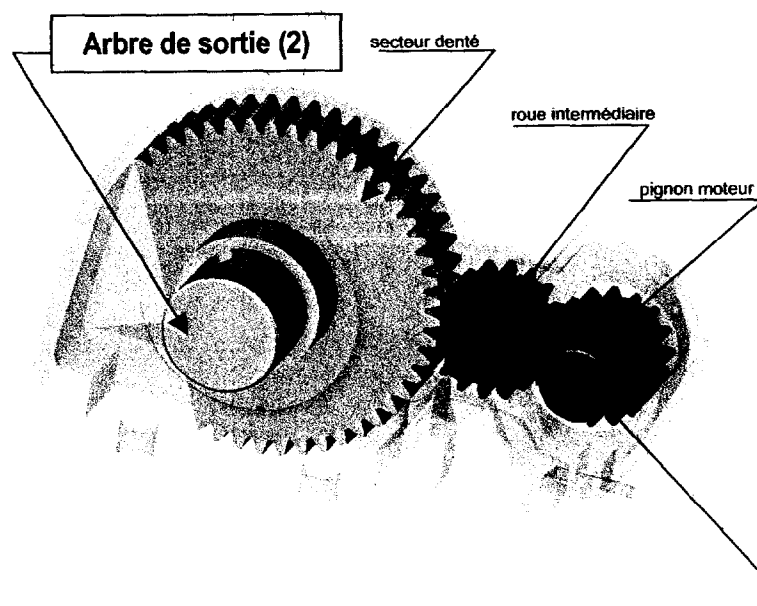
L'étude consiste à dimensionner les plaques fusibles afin qu'elles se déforment ou se rompent lors d'un choc trop important, protégeant ainsi le réducteur.



Hypothèses:

Le couple maximum admissible sur l'arbre entrée du réducteur est estimé à 3100 N.m

On néglige les pertes par frottement



Caractéristiques des roues

Secteur denté : $Z_2 = 50$ dents
(pour la roue complète)

Roue intermédiaire: $Z_3 = 16$

Roue motrice: $Z_1 = 16$

Q A.1	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DQ 3/10 Répondre sur feuille de copie.		
Calculer pour le réducteur représenté sur DQ 3/10 le rapport de réduction $i = N_2/N_1$ et le rapport λ du couple de sortie C_2 sur le couple moteur C_1 .		

Q A.2	Barème : 1 point / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DQ 3/10 . Répondre sur feuille de copie.		
Calculer la valeur du moment du couple C_2 admissible sur l'arbre de sortie.		

Les plaques fusibles sont soumises à une liaison complète par rapport à leur support lié à l'arbre de sortie du réducteur. Etude du positionnement de l'une des plaques par rapport au support, indépendamment de l'action des boulons. (Voir DT 1/5)

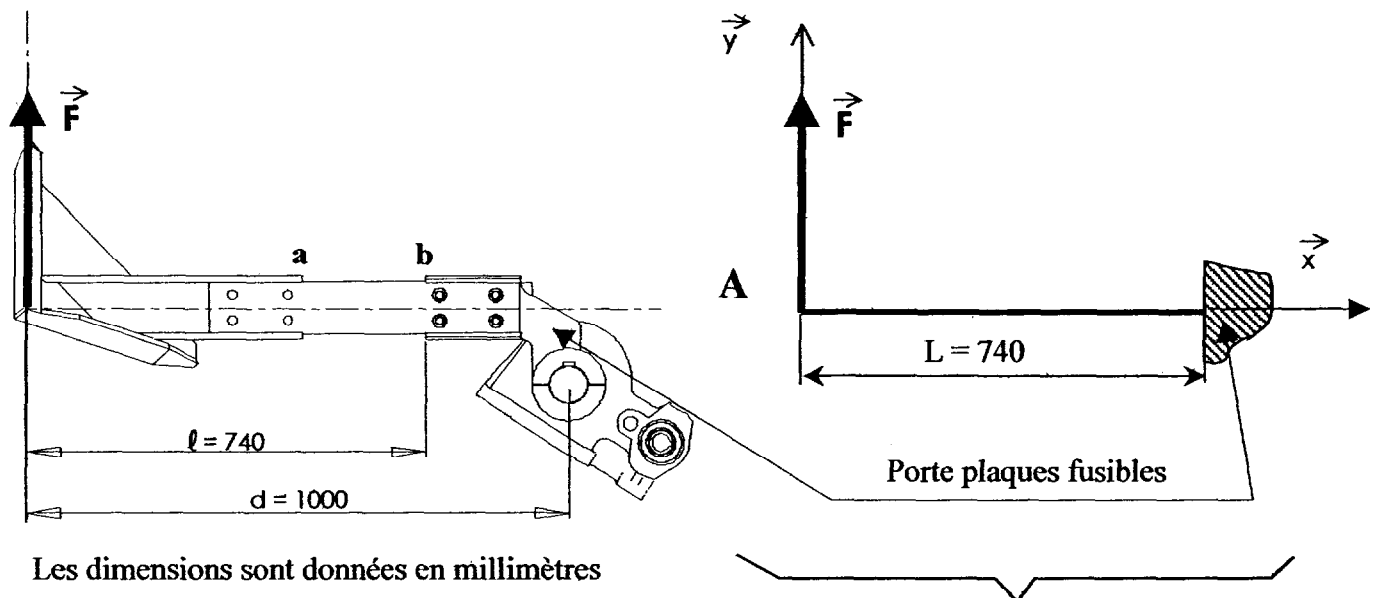
Q A.3	Barème : 1 point / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DR 1/2 . Répondre sur DR 1/2 .		
Sur les figures du document réponse DR 1/2 , identifier les surfaces fonctionnelles qui participent à ce positionnement et répondre en complétant le tableau amorcé par l'exemple des surfaces b.		

L'action due au choc du conteneur sur le flipper est modélisable par un glisseur au point A.

Q A.4	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DR 1/2 . Répondre sur DR 2/2 .		
On donne sur le document réponse DR 2/2 une représentation graphique du glisseur de résultante \vec{A} . Désigner dans le tableau de réponse, les sollicitations auxquelles sont soumises les plaques fusibles dans la section (S).		

Dans une première approche, les plaques seront supposées soumises à une action modélisable par le glisseur \vec{F} représenté ci-après et seront calculées à la flexion plané simple.

Q A.5	Barème : 1 point / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DR 1/2 . Répondre sur DR 1/2 .		
Déterminer la norme de la résultante du glisseur \vec{F} en considérant que le moment maximum transmissible par l'arbre de sortie du réducteur au flipper est de 10^4 N.m (Question Q A.2). La figure ci-après précise la position de l'axe du glisseur \vec{F} qui représente, dans le cadre des hypothèses d'étude, l'action de contact du conteneur sur le flipper. On considère que le porte plaques fusibles est fixe par rapport au repère. (bloqué)		



Les dimensions sont données en millimètres

Modélisation adoptée pour l'étude de RDM

Q A.6	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DT 1/5, DT 2/5. Répondre sur DR 1/2.		

Déterminer pour l'ensemble des deux plaques fusibles, dans le tronçon "ab", le moment de flexion maximum. **Repérer** pour une plaque fusible, sur le document réponse DR 1 / 2, la section dans laquelle le moment de flexion est maximum.

Données :

Les plaques sont réalisées dans un plat d'épaisseur $e = 12 \text{ mm}$ en acier S355

La résistance à la rupture par traction de cet acier est de 490 MPa et sa résistance élastique minimale à l'extension est de 355 MPa

L'obtention par usinage de la cote h (voir DT 2/5) provoque des concentrations de contraintes.

Le facteur de concentration de contrainte est: $k = 1,5$

Le calcul sera fait en utilisant les relations données dans le tableau DT 2/5

Q A.7	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DT 2/5. Répondre sur DR 1/2.		

Exprimer en fonction de h et de $e = 12 \text{ mm}$, la valeur de I_{Gz}/v_{\max} pour une plaque fusible, dans la section où s'exerce le moment de flexion maximum.

Q A.8	Barème : 4 points / 40	Durée de travail conseillée : 16 min
Documents à consulter : DT 2/5. Répondre sur DR 1/2.		

Ecrire la condition de rupture d'une plaque fusible, en supposant que le moment de flexion se répartisse équitablement sur les deux plaques. **En déduire** la valeur de la hauteur h_{\max} d'une plaque fusible et **donner** la désignation du plat laminé à utiliser. La dimension "h" sera ensuite réalisée par usinage.

DQ 5/10

B) Etude de la mise à la longueur des bras.

Rappel du problème :

Pour soulever et déplacer les conteneurs, le grutier doit tout d'abord procéder à la mise à la longueur des bras si cela est nécessaire. (passage de la position 40 ft à la position 20 ft par exemple). Pour que le spreader se verrouille sur le conteneur, la distance longitudinale qui sépare les verrous du spreader doit être égale à celle qui sépare les orifices du conteneur.

Au cours du temps, les plaques antifriction qui participent au guidage des bras par rapport au cadre s'usent. La distance entre les verrous du spreader varie d'une manœuvre à l'autre à cause de cette usure, notamment en cas de graissage inégal. (Voir DT 3/5). L'utilisation d'un freinage hydraulique est envisagée pour mieux maîtriser cet arrêt et respecter ainsi la tolérance de position requise.

Des capteurs situés sur les bras permettent d'obtenir une précision de $\pm 3\text{mm}$ des deux positions utiles des bras.

Descriptif de la transmission : Voir DT 4/5

Les deux bras porte flipper sont guidés en translation par rapport au cadre et entraînés par un moteur hydraulique.

La transmission comprend une chaîne, un réducteur à engrenages et le moteur hydraulique.

Chaque bras est lié à un brin de la chaîne (brin supérieur pour l'un des bras et brin inférieur pour l'autre). Le mouvement de la chaîne provoque ainsi des déplacements symétriques des bras télescopiques.

Moteur hydraulique \longrightarrow Réducteur \longrightarrow Chaîne \longrightarrow Bras

La première étude consiste à déterminer les caractéristiques cinématiques, dynamiques et hydrauliques liées à la solution technique choisie et de vérifier sa compatibilité avec les éléments existants.

L'étude suivante concerne le passage de la position " petit conteneur " à la position " grand conteneur "

Données:

Les liaisons sont supposées parfaites sauf les liaisons glissières : $\mu = \tan \varphi = 0,2$

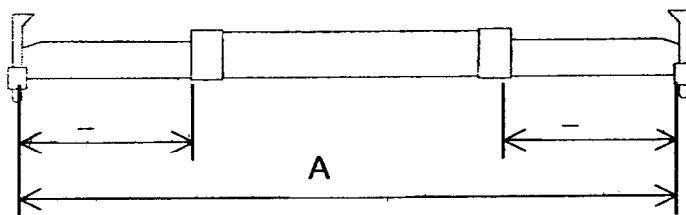
Il existe deux formats de longueur : "petit conteneur" 20 ft et "grand conteneur" 40 ft

Rendement global de la transmission $\eta = 0,7$

Rapport des vitesses du réducteur : $i = 1/98$

Durée de déploiement des bras : 21 secondes

Masse d'un bras complet : $M = 2500\text{ kg}$



Norme ISO	A
Position 20 ft	5842 mm
Position 40 ft	11974 mm

Détermination de la puissance du moteur hydraulique

Q B.1	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DQ 6/10 . Répondre sur feuille de copie.		

Déterminer en millimètres la valeur de la course d'un bras lors du passage de la position "petit conteneur" à la position "grand conteneur".

Q B.2	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DQ 6/10 . Répondre sur feuille de copie.		

Calculer la vitesse moyenne du bras pendant cette phase.

Q B.3	Barème : 6 points / 40	Durée de travail conseillée : 24 min
Documents à consulter : DQ 6/10, DT 3/5 et DT 4/5 . Répondre sur feuille de copie.		

Détermination de l'effort de tirage \vec{H} supposé horizontal, exercé par la chaîne sur le **bras droit** lors d'un mouvement **uniforme**

Pour cela:

Q B.3.1 Etablir le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le bras droit. Ne prendre en compte que les composantes des actions mécaniques sur les axes (O, \vec{x}) et (O, \vec{y}) (*Problème ramené à un problème plan dans (O, \vec{x}, \vec{y})*). Voir sur **DT 3/5 et DT 4/5** les détails du guidage en translation du bras par rapport au caisson.

Q B.3.2 Représenter graphiquement ces actions en précisant leurs supports et sens sur un croquis (s'inspirer de **DT 3/5**). Justifier les support et sens du modèle de chaque action.

Remarque: Ce croquis à échelle approximative ne servira pas de base à une résolution graphique

Q B.3.3 Ecrire les équations issues du théorème de la Résultante Dynamique en projection sur les deux axes (O, \vec{x}) et (O, \vec{y}) .

Remarque: Exprimer les projections de chaque résultante en fonction de la norme de cette dernière et des lignes trigonométriques de l'angle qui définit la direction de son support.

En associant aux équations précédentes une équation obtenue par le théorème du moment dynamique, la résolution permettrait d'établir la relation suivante: $\|\vec{H}\| = \left(\frac{2a}{b} - 1\right) Mg\mu$

Q B.4	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DQ 6/10, DT 3/5 et DT 4/5 . Répondre sur feuille de copie.		

Déterminer la puissance maximale de l'action de la chaîne sur le bras lorsque $a = 2b$.

Prendre $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

DQ 7/10

Q B.5	Barème : 1 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : DQ 6/10, DT 3/5 et DT 4/5. Répondre sur feuille de copie.		

Déduire de Q B.4 la puissance maximale développée par le moteur hydraulique pour déployer les deux bras.

Détermination de la distance maximale d'arrêt des bras (facteur de frottement très faible)

On se propose de déterminer **d**, distance d'arrêt des bras sans freinage. (arrêt uniquement par frottement après arrêt du moteur hydraulique)

L'étude sera menée sur un bras seulement (la symétrie permet cette simplification)

Hypothèses et données supplémentaires :

La vitesse du bras au début de la phase d'arrêt sera prise égale à $0,15 \text{ m.s}^{-1}$

Les résistances hydrauliques sont négligées.

Les inerties des parties tournantes sont négligées.

La masse de la chaîne est négligée.

Les liaisons sont parfaites sauf la liaison glissière du bras par rapport à la poutre. La résultante des actions en A et en B du cadre sur le bras droit est égale à :

$$\vec{R} = -2500 \vec{i} - 25000 \vec{j} \quad \text{Avec composantes de } \vec{R} \text{ en Newtons}$$

Pour \vec{i} et \vec{j} voir repère sur document DT 3/5

Q B.6	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DQ 8/10, DT 3/5 et DT 4/5. Répondre sur feuille de copie.		

Donner l'expression de l'énergie cinétique du bras et sa valeur.

Q B.7	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DQ 8/10, DT 3/5 et DT 4/5 Répondre sur feuille de copie.		

Exprimer le travail des actions de contact avec frottement du caisson sur le bras lors de la phase d'arrêt en fonction de **d.**

Q B.8	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DQ 8/10, DT 3/5 et DT 4/5 Répondre sur feuille de copie.		

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre les instants "début" et "fin" du mouvement, déterminer la distance d'arrêt **d du bras.**

Prédétermination du freinage hydraulique

Hypothèses et données :

Les hypothèses et données de l'étude précédente restent valables. (Phase de freinage lorsqu'on passe de la position "petit conteneur" à la position "grand conteneur").

Données complémentaires :

Cylindrée du moteur hydraulique :

$$Cyl = 25 \text{ cm}^3/\text{tour}$$

Rapport des vitesses du réducteur :

$$i = 1/98$$

Pas de la chaîne :

$$pas = 1,5'' \text{ (un pouce} = 25,4 \text{ mm)}$$

Diamètre primitif des pignons de chaîne

$$D = 2r = 125 \text{ mm}$$

Le freinage est obtenu par un dispositif hydraulique et par l'effet du frottement.

On impose un arrêt sur une distance maximale $d = 3 \text{ mm}$ afin de minimiser l'impact de la variation du facteur de frottement.

Au cours du freinage hydraulique (étranglement dans le circuit lié au moteur hydraulique), l'huile laminée monte en température. (énergie hydraulique transformée en énergie calorifique)

Ce freinage engendre une action \vec{H} de la chaîne sur le bras, action que l'on supposera horizontale.

Au cours du freinage il convient de respecter :

- pour la chaîne, la relation : $T < T_{adm}$ T étant la tension maximale de la chaîne.
- pour l'huile, un accroissement instantané de température $\Delta\theta$ limité

a) Vérification de la tension de la chaîne

Q B.9	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : DT 3/5 à DT 5/5 Répondre sur feuille de copie.		

Déterminer la valeur de la décélération a d'un point situé sur le bras au cours du freinage.

Q B.10	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DT 3/5 à DT 5/5 Répondre sur feuille de copie.		

Le théorème de la Résultante Dynamique appliquée au bras droit donne l'expression suivante :

$$\vec{H} + \vec{R} + \vec{P} = M \cdot \vec{a}$$

- Ecrire l'équation en projection sur l'axe (O, \vec{x}) et déterminer la norme de \vec{H} .

Rappel : \vec{R} et \vec{P} ($\vec{P} = M \cdot \vec{g}$) sont donnés

- Calculer la norme de la tension \vec{T} du brin inférieur de la chaîne durant le freinage.

Remarque :

Lors du montage de la chaîne, la tension de pose est obtenue par deux tendeurs qui utilisent l'action de rondelles élastiques de type "Belleville" sur chaque brin.

Le couple de réglage des écrous de compression de ces tendeurs est de 60 N.m environ.

Ces tendeurs jouent le rôle d'amortisseurs de chocs et permettent de rattraper les jeux consécutifs à l'usure de la transmission par chaîne. (Voir DT 5/5).

Ce dispositif génère une tension initiale de 26 000 N.

Q B.11	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 12 min
Documents à consulter : DT 3/5, DT 5/5, DQ 8/10 et DQ 9/10. Répondre sur feuille de copie.		

Déterminer la tension totale de la chaîne. Cette valeur est-elle acceptable ?

b) Calcul de l'élévation de température du volume d'huile laminé

Données supplémentaires :

Travail du frein hydraulique (laminage de l'huile) :

$$W_{\text{frein}} = 41,25 \text{ J}$$

Capacité thermique massique de l'huile (chaleur massique) :

$$C = 2000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$$

Masse volumique de l'huile :

$$\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$$

$\Delta\theta$ en degrés Celsius

r : rayon primitif des pignons à chaîne.

i : rapport de réduction du réducteur intercalé entre le moteur hydraulique et le pignon à chaîne moteur.

d : distance d'arrêt d'un bras.

$$\Delta\theta = \frac{W_{\text{frein}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot i}{Cyl \cdot d \cdot \rho \cdot C} \quad (\text{Relation exprimée en unités du système international SI})$$

Q B.12	Barème : 2 points / 40	Durée de travail conseillée : 8 min
Documents à consulter : DT 5/5 et DQ 8/9 et DQ 9/10. Répondre sur feuille de copie.		

Calculer la valeur de l'élévation de température $\Delta\theta$ de l'huile au cours d'un freinage.

Conclure sur l'utilité d'un refroidisseur dans le circuit hydraulique.

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Documents réponses

Ce dossier contient les documents DR 1/2 et DR 2/2

Ces documents-réponses sont à rendre en totalité (même vierges)

Examen ou concours : _____ Série* : _____

Spécialité/option : _____

Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____
 (Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

Réponse Q A.3

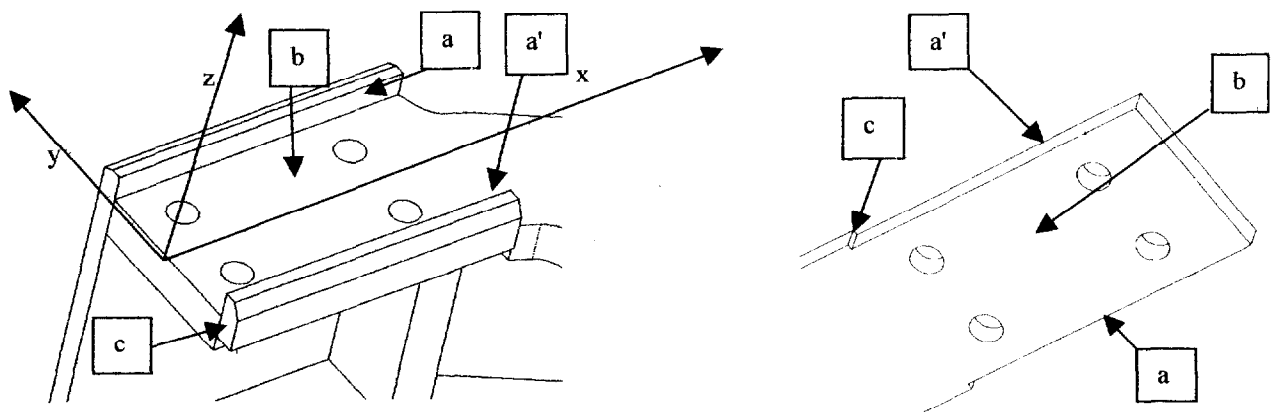


Tableau à compléter

TRANSLATIONS			ROTATIONS			Liberté supprimée
T _x	T _y	T _z	R _x	R _y	R _z	
		b	b	b		Surfaces fonctionnelles

Réponse Q A.5

Valeur de $\|\vec{F}\|$

$\|\vec{F}\|$

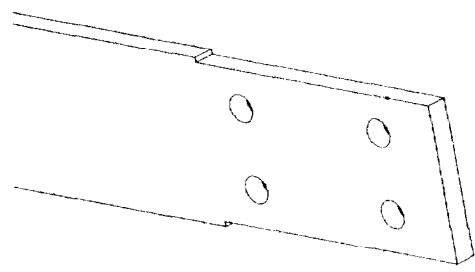
Réponse Q A.7

$I_{Gz}/v_{\max} =$

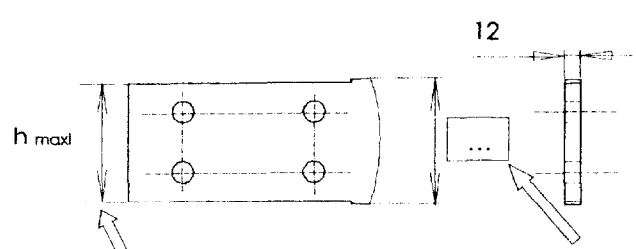
Réponse Q A.6

Réponse Q A.8 Choix du plat laminé

Relation de rupture :



M_f =

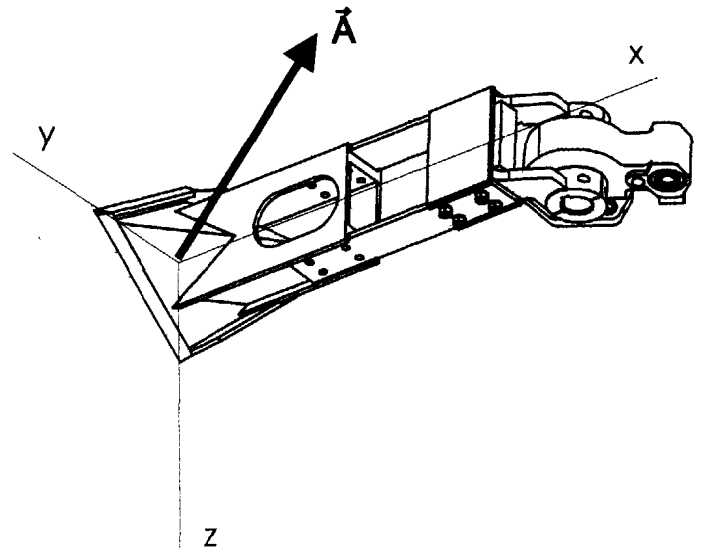
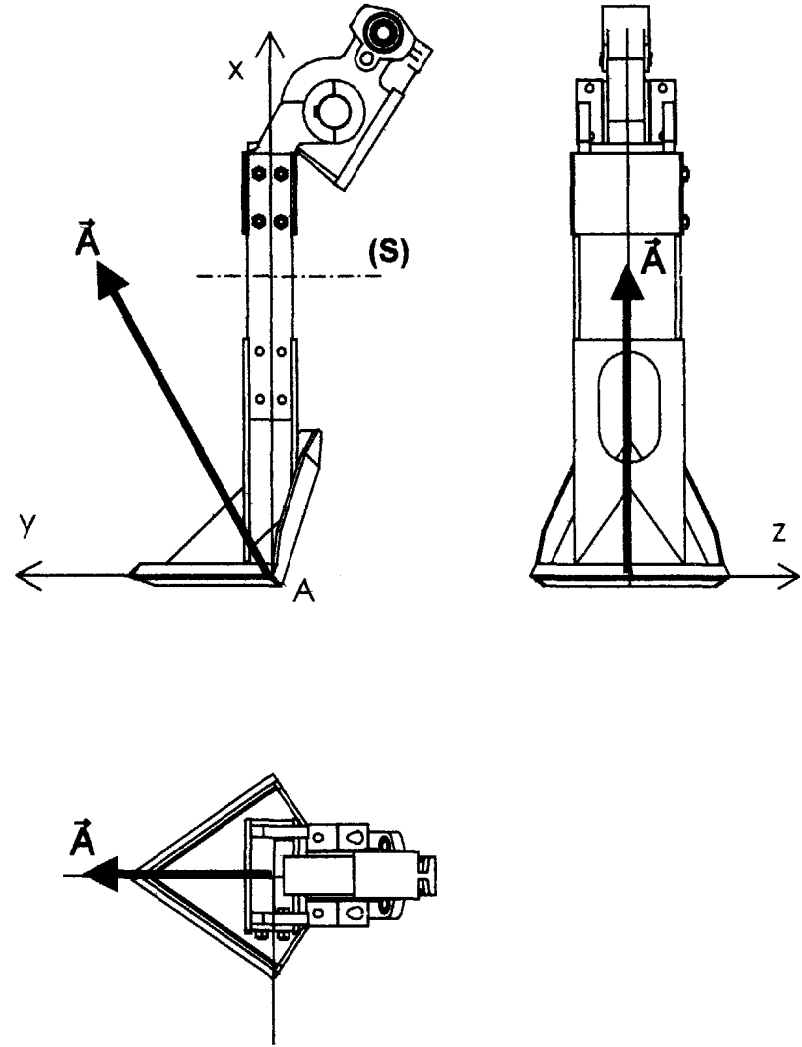


h_{maxi} = désignation plaque: 12*

Examen ou concours :
Spécialité/option :
Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :
(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Série* :

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.



Q A.4	Plaques fusibles
Sollicitations	

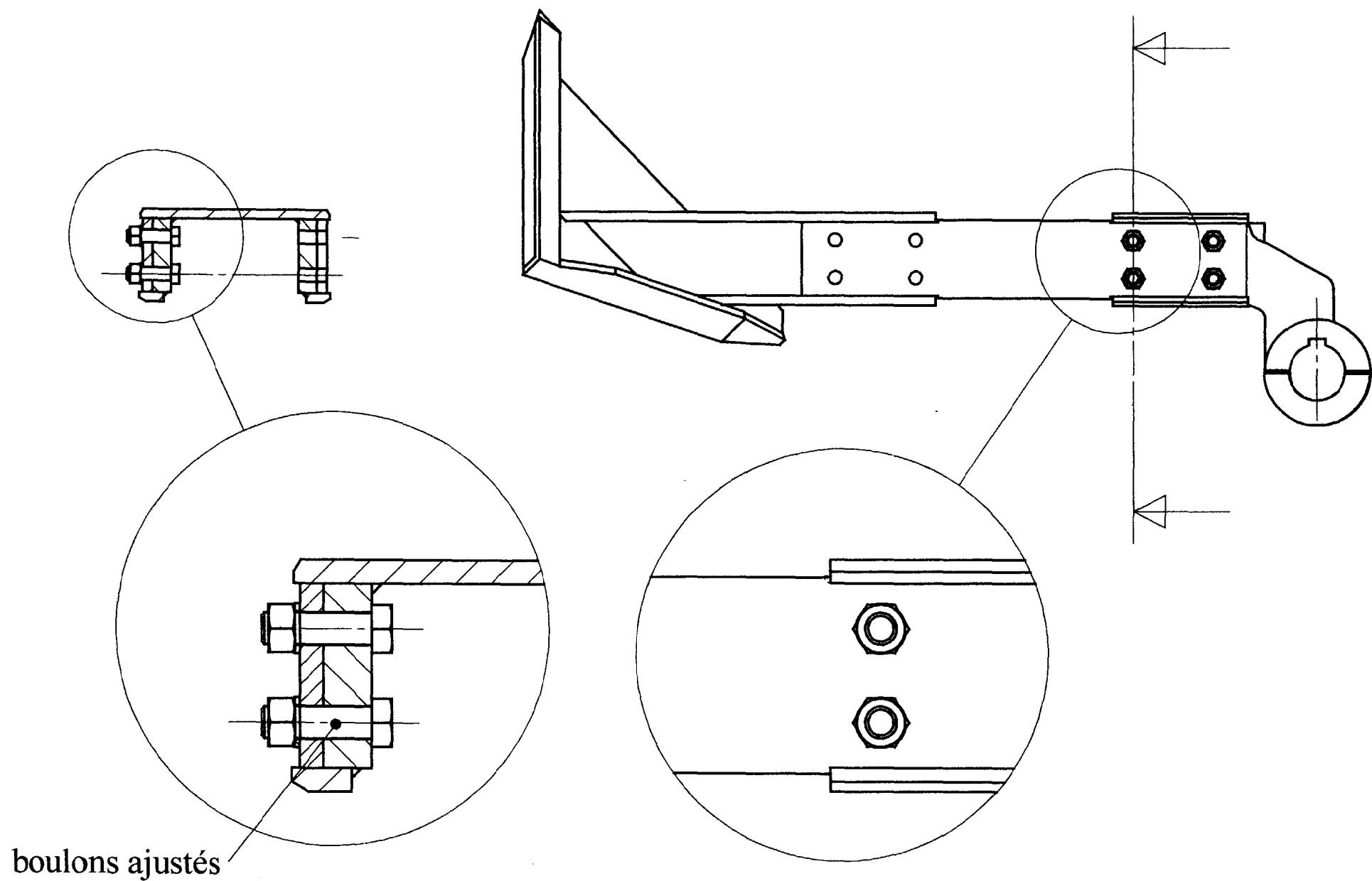
Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous épreuve E 4-1)

Dossier technique

Ce dossier contient les documents DT 1/5 à DT 5/5

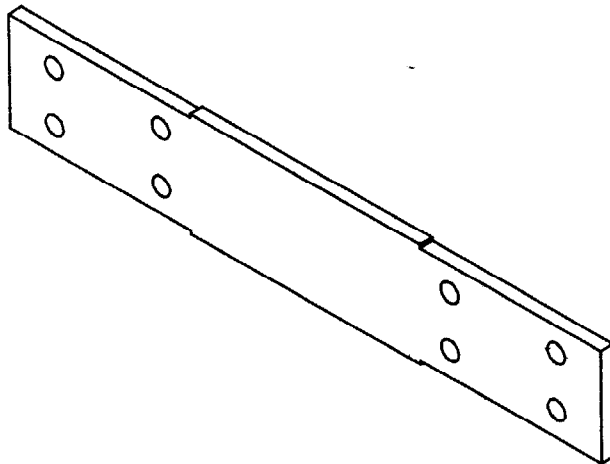
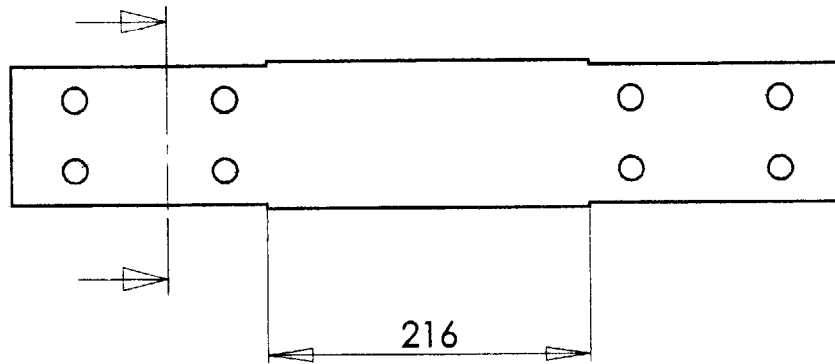


boulons ajustés

DT 1/5

MIE4MEM4

Plaque fusible



Section $e \times h = 12 \times h$

Formulaire de RDM

Flexion: $I_{Gz} = eh^3/12$ $\sigma_M = Mf.v / I_{Gz}$
 v : distance du point M à l'axe Gz

Flambage: risque de flambage si $L \leq 8e$

Cisaillement : $\tau = T/S$ T : effort tranchant

Traction – Compression : $\sigma = N/S$ N : effort normal

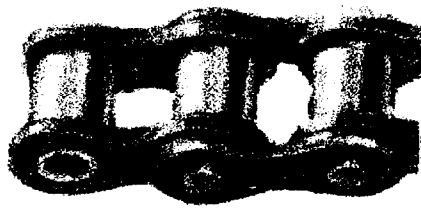
Plats et carrés laminés S355

Plats et larges plats de :

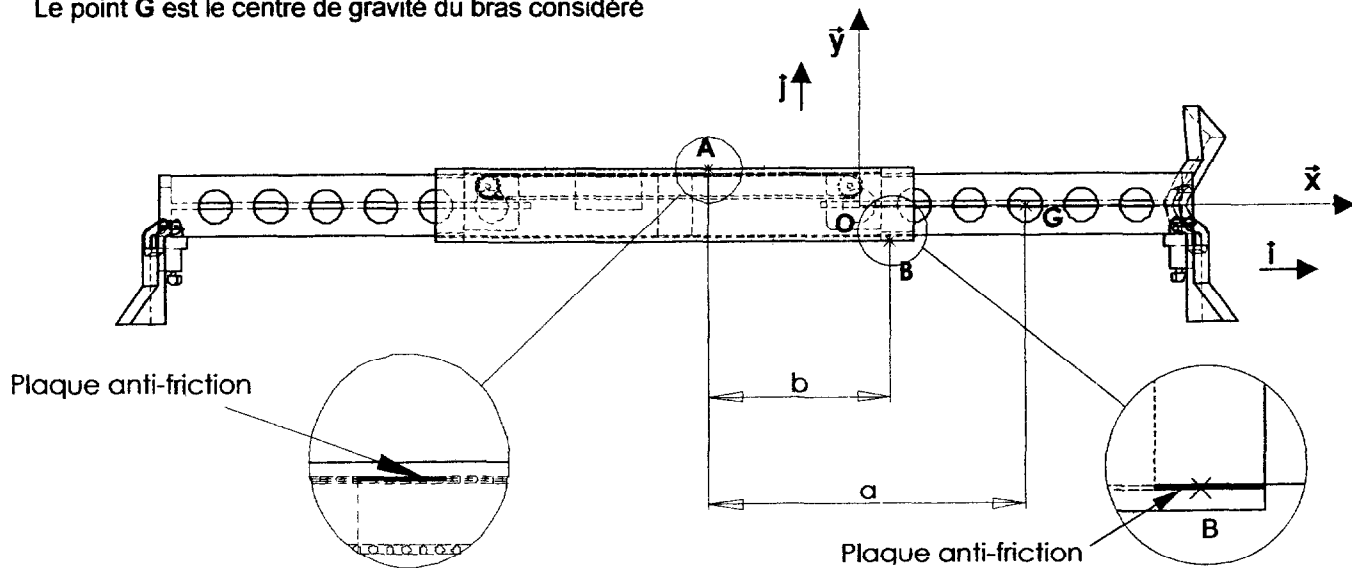
70	4 – 6 – 8 – 10 – 12
80	6 – 8 – 10 – 12 – 15 – 20 – 40
90	6 – 8 – 10 – 12
100	6 – 8 – 10 – 12 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50
110	10
120	10 – 12 – 15 – 50 – 60
Carré :	
40 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100 – 130	

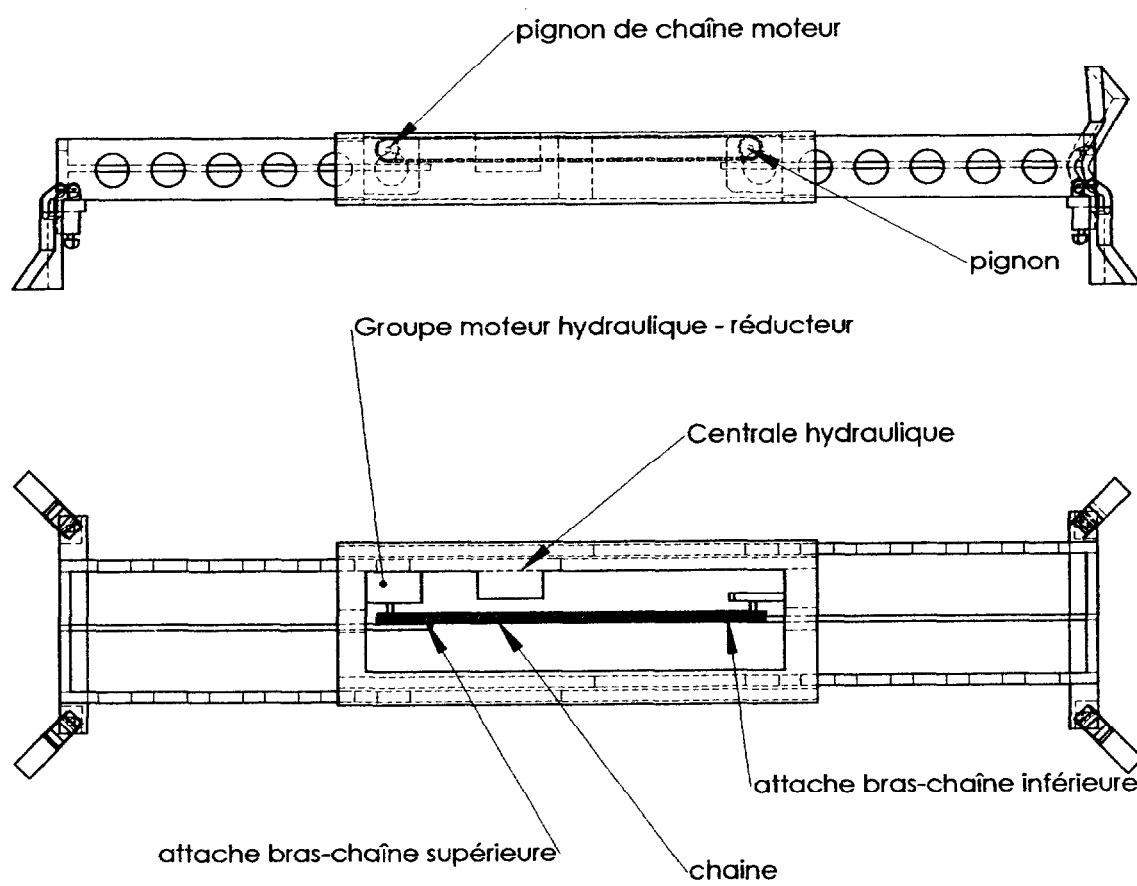
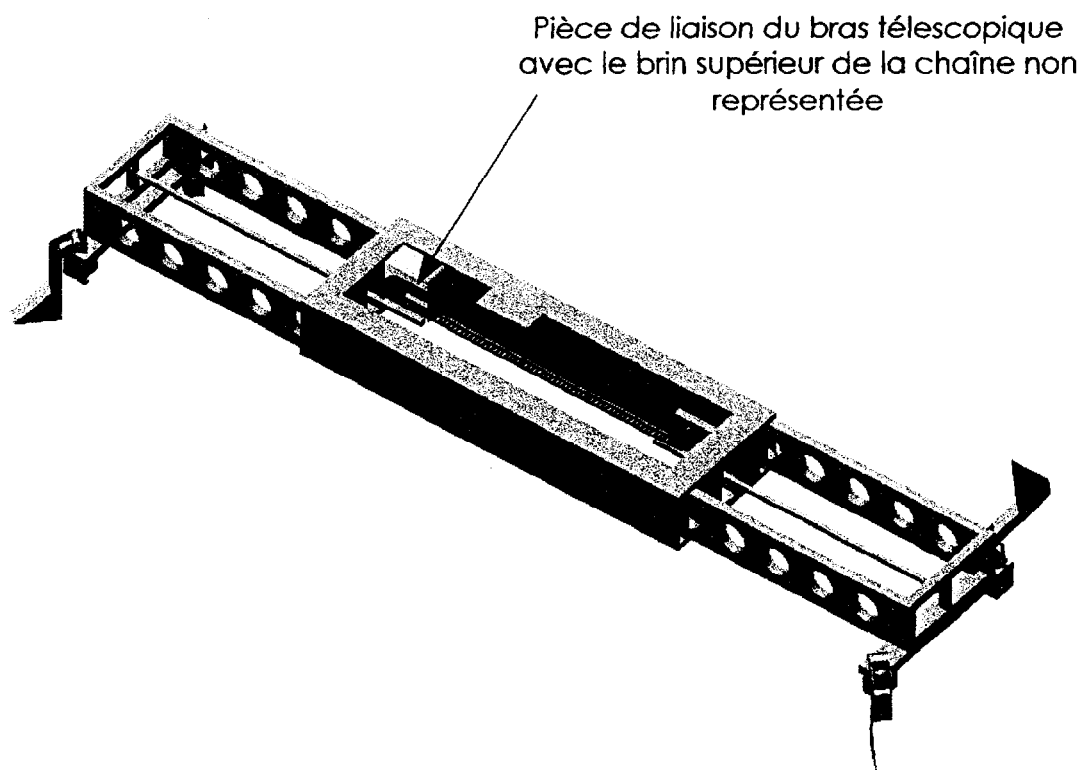
Caractéristiques d'une chaîne à rouleaux simple

Pas (mm)	Diamètre des rouleaux (mm)	Largeur entre plaques intérieures (mm)	Voie de chaîne (mm)	Surface de travail nominale (mm ²)	Charge de rupture (daN)
8	5	3	11	11	441
9,525	6,35	5,72	17	29	695
12,7	7,75	3,3	14	24	895
12,7	7,75	4,68	16	34	1180
12,7	8,51	7,75	22	50	1785
15,875	10,16	9,65	24	67	2245
19,05	12,07	11,68	27	89	2891
25,4	15,88	17,02	41	207	6375
31,75	19,05	19,56	47	290	9800
38,1	25,4	25,4	70	548	10672
44,45	27,94	30,99	82	735	12887
50,8	29,21	30,99	84	807	16900

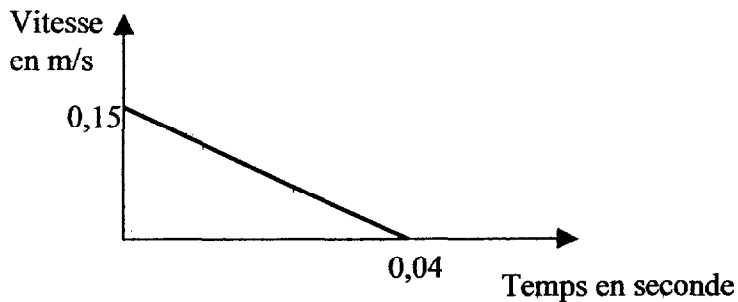


A et B sont les points de réduction des actions de contact du caisson sur le bras.
Le point G est le centre de gravité du bras considéré

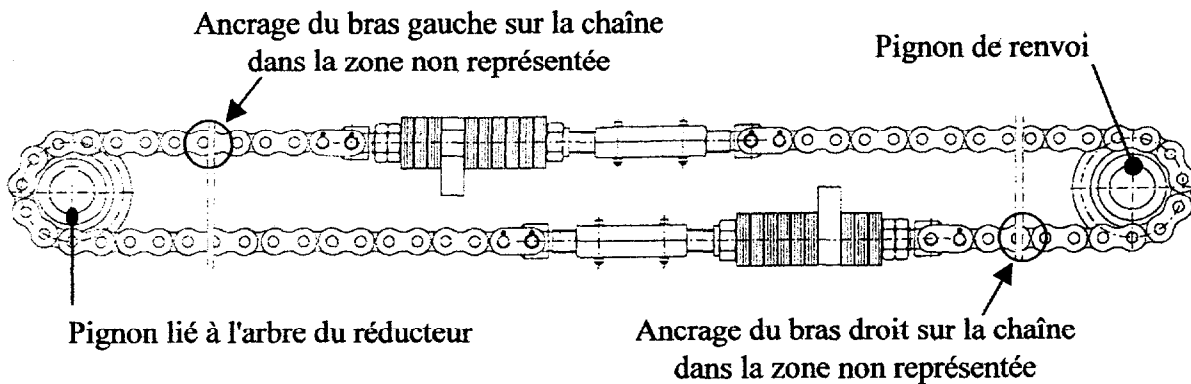




Loi de mouvement (freinage hydraulique): $V = f(t)$



Ensemble chaîne-pignons et tendeurs



Formules et relations :

Ces formules sont données sous forme brute pour mémoire. Les domaines d'utilisation ne sont pas précisés

- **Puissance :**

$$P = \vec{F} \cdot \vec{V} \quad \text{puissance mécanique}$$

$$P = C \cdot \omega \quad \text{puissance mécanique}$$

$$P = Q_v \cdot p \quad \text{puissance hydraulique}$$

- **Travail :**

$$W_{AB} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \quad \vec{F} \text{ constante}$$

$$W_{AB} = C \cdot (\theta_B - \theta_A)$$

- **Energie cinétique:**

$$E_c = 0,5 \cdot m \cdot V^2$$

$$E_c = 0,5 \cdot J \cdot \omega^2$$

- Théorème de l'énergie cinétique :

Pour un système isolé, la variation de l'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des actions intérieures et des actions extérieures.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

EPREUVE E 4

**Analyse fonctionnelle et Structurale
des Mécanismes**

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

Durée : 5 heures

Coefficient : 2

Aucun document n'est autorisé

Ce sujet contient 4 dossiers :

- Présentation
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

IMPORTANT : *il vous est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à votre disposition.*

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

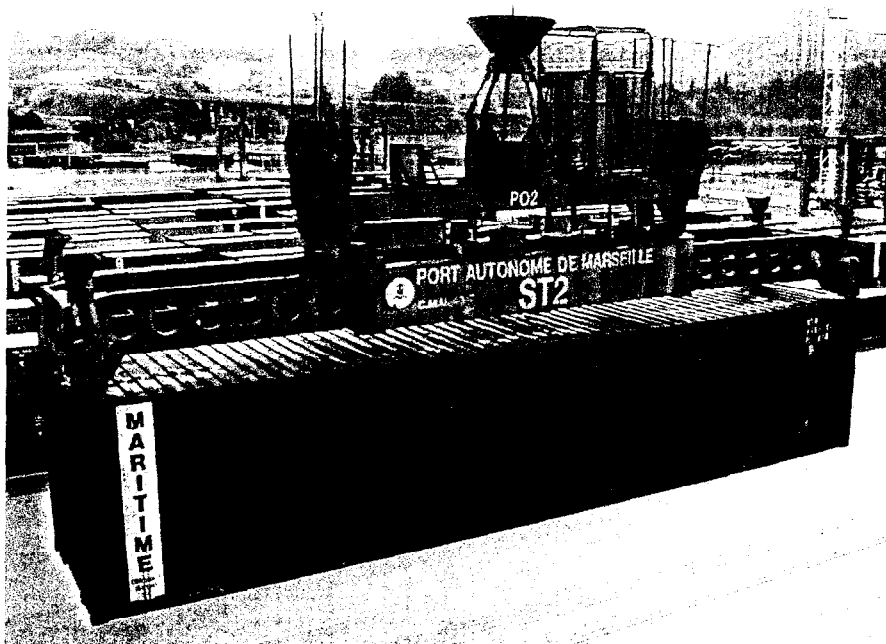
Session 2004

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

Présentation

Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4

LEVE-CONTENEUR BROMMA



Voir
page PR3/4
pour la mise
en situation
des divers
éléments

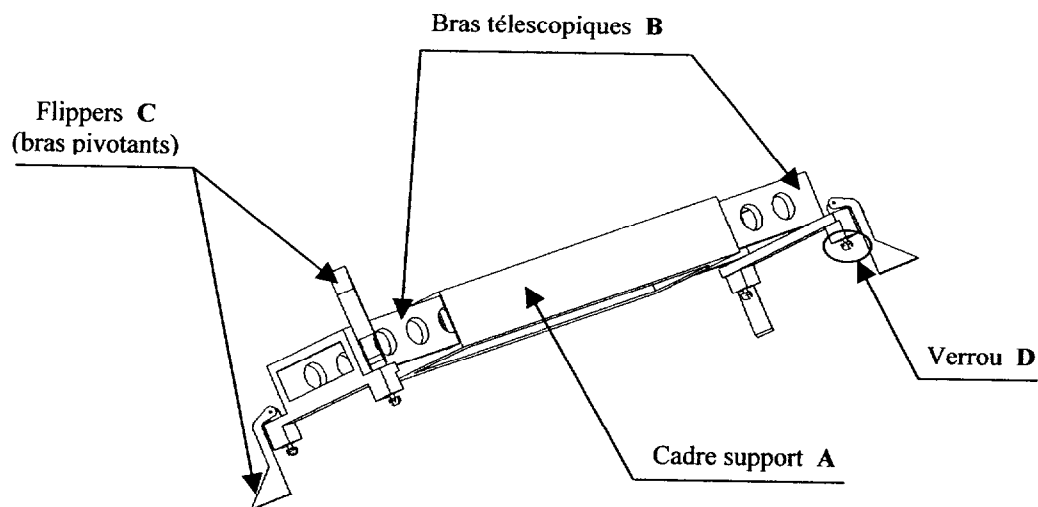
Le lève-conteneur BROMMA (spreader) est utilisé dans les ports pour la manutention des conteneurs lors des chargements et des déchargements de navires. Il permet de saisir et soulever ces conteneurs afin de les déplacer. Il est fixé à un caisson adaptateur suspendu à l'extrémité d'élingues et est manœuvré à distance par un grutier situé dans le poste de pilotage d'un portique de manutention.

Description voir page PR2/4 et PR3/4

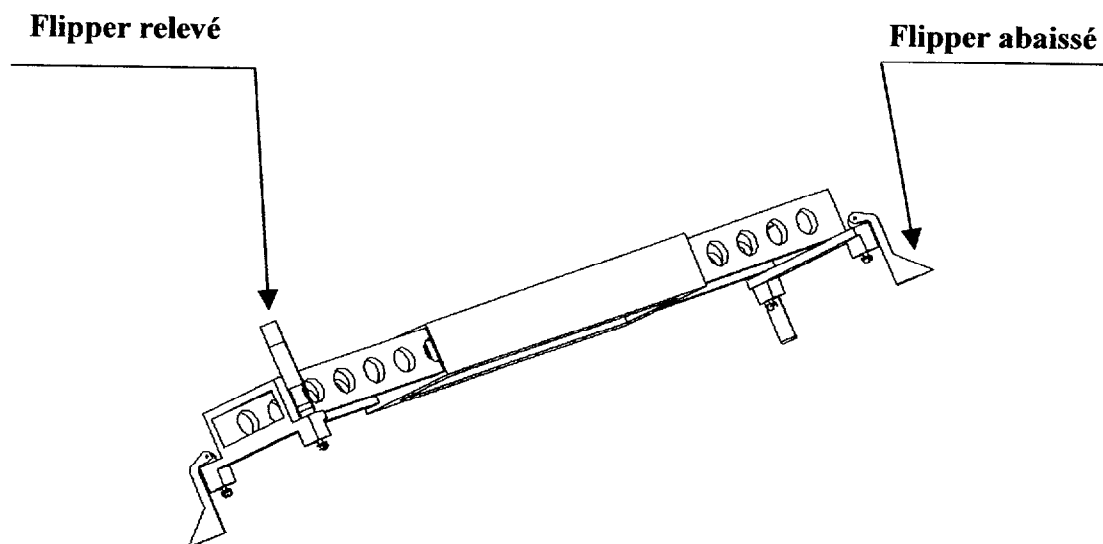
Le spreader est constitué principalement de :

- **1 cadre support** repéré **A** comprenant un groupe hydraulique
- **2 bras télescopiques** repérés **B** qui permettent l'adaptation du spreader à la longueur du conteneur
L = 20 ft. ou 40 ft. La largeur n'est pas modulable 1 ft. = 30,48 cm
Ces longueurs sont exprimées en « pieds ». Elles correspondent aux longueurs d'un conteneur court et d'un conteneur long
- **4 bras pivotants** repérés **C** (flippers) indépendants et fixés à chaque extrémité des bras télescopiques (2 par bras). Ils aident à la mise en position du spreader au-dessus du conteneur en phase d'approche selon les besoins (ils peuvent ne pas être utilisés)
- **4 verrous** repérés **D** qui assurent l'ancrage du spreader sur le conteneur

Attention : les représentations ci-dessous du lève-conteneur sont simplifiées



Position « 20 ft »



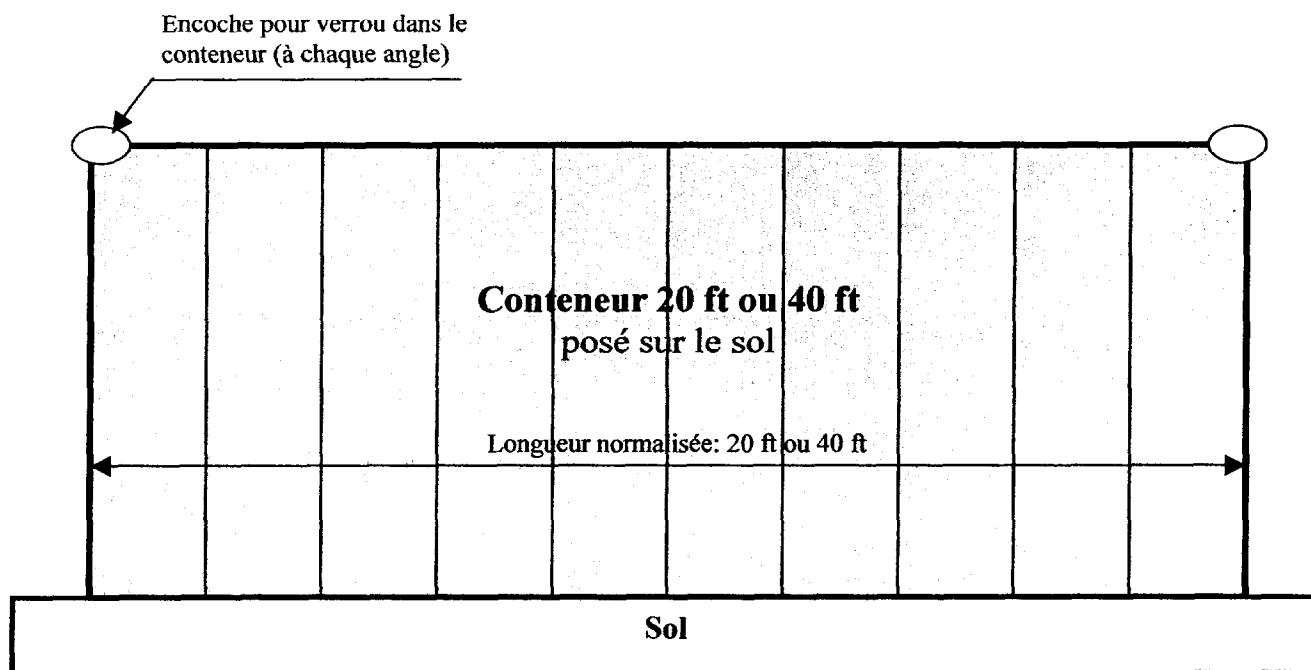
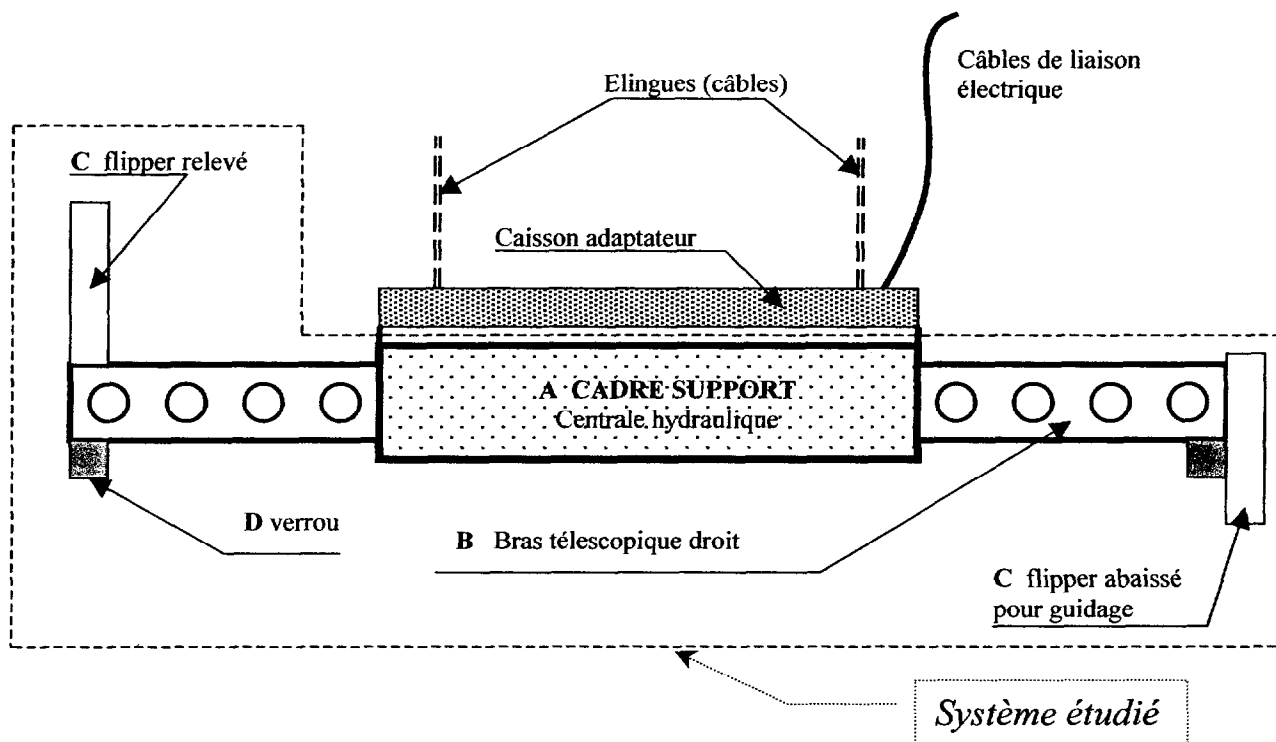
Position « 40 ft »

Données générales

La masse du spreader est d'environ 7,6 tonnes.

La longueur maximale est de 12 mètres (conteneur de 40 ft)

La capacité de levage est de 40.10^3 daN



SCHEMA D'IMPLANTATION

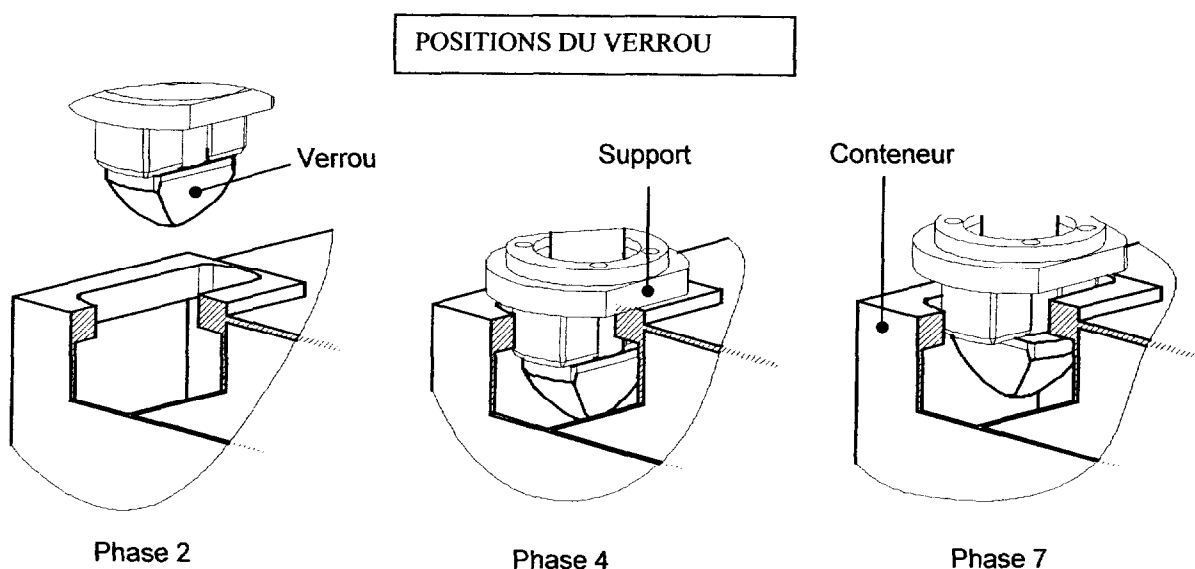
Le spreader est situé au dessus du conteneur

TABLEAU DES PHASES DE MANŒUVRE D'UN CONTENEUR

Le spreader (lève-conteneur) est suspendu au palan du portique (grue portuaire).

N°	PHASE	ACTIONNEUR
1	Adaptation du spreader à la taille du conteneur : extension ou rétraction des bras télescopiques.	Moteur hydraulique d'extension/rétraction
2	Approche à la verticale du conteneur.	Portique.
3	Alignement des verrous et des orifices du conteneur : descente des flippers.	Moteurs hydrauliques des flippers.
4	Pose sur le conteneur : introduction des verrous.	Palan.
5	Relevage des flippers.	Moteurs hydrauliques des flippers.
6	Rotation d'1/4 tours des 4 verrous : verrouillage.	(*)
7	Levage du conteneur.	Palan.
8	Déplacement du conteneur.	Portique.
9	Pose du conteneur.	Palan.
10	Rotation d'1/4 tour des 4 verrous : déverrouillage.	(*)
11	Dégagement vertical du spreader.	Palan.

(*) Ces actionneurs seront à définir au cours de l'étude



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.

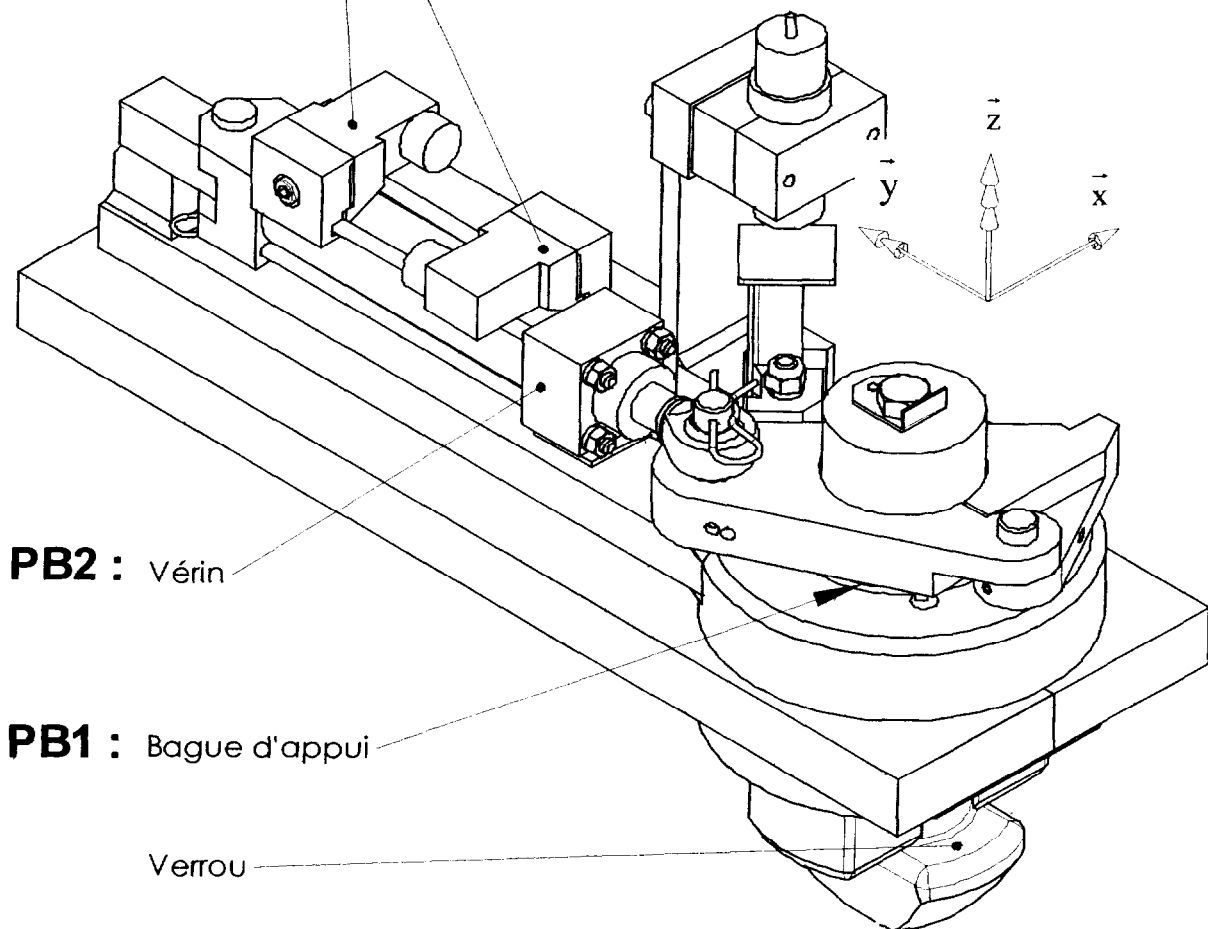
EXPOSÉ DES PROBLÈMES

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 .		
Identifier les surfaces normalement en contact entre la bague d'appui 9 et le collier assemblé. Pour cela : Colorier : <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 .		
Analyse d'une cause dimensionnelle possible. 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 .		

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 : <ul style="list-style-type: none"> la pression maxi $p_{3\max}$ au niveau du contact sphérique entre 9a et 9b. la pression p_4 au niveau du contact plan entre 9b et 12. 		

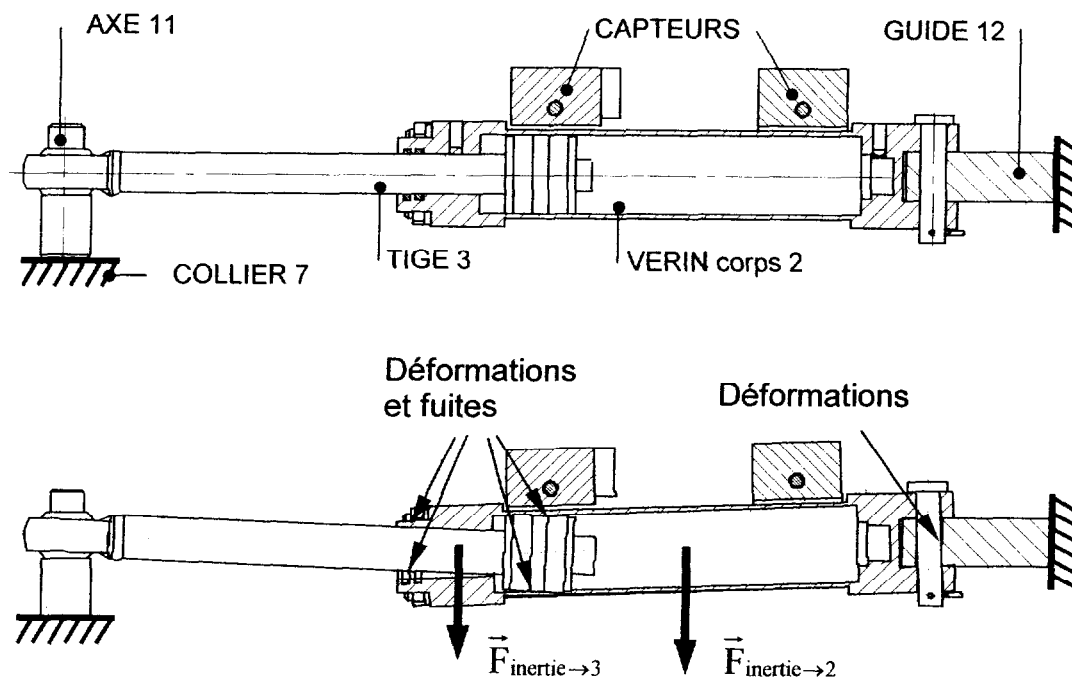
Q10	Barème : 0,5 points / 40	Durée de travail conseillée : 4 min
Documents à consulter : : DT 3/8 et DT 4/8 Répondre sur feuille de copie.		
Conclure sur la validité de cette solution.		

PROBLEME 2

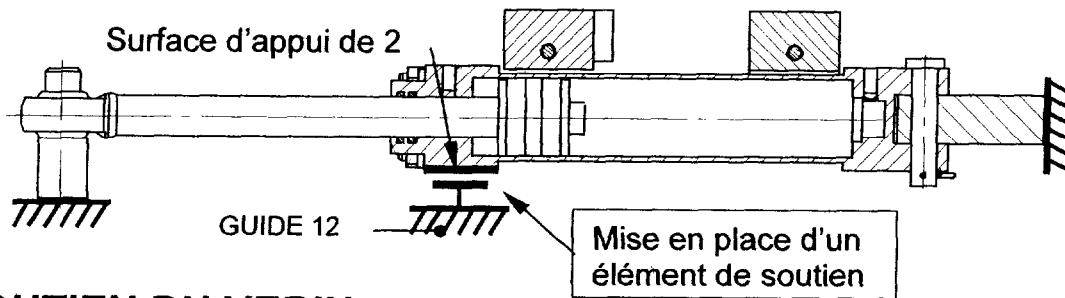
DEGRADATION DES JOINTS DU VERIN

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.

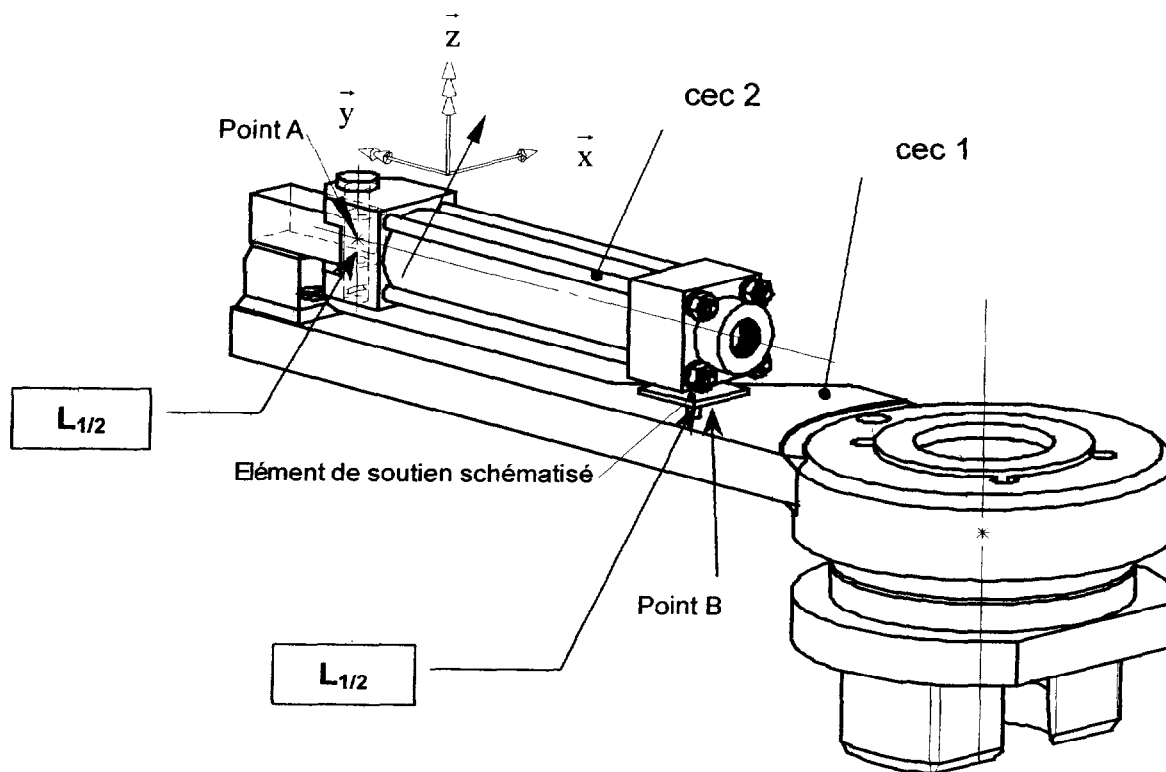
Q12	Barème : 3 points / 40	Durée de travail conseillée : 25 min
Documents à consulter : DR 5/7 et DT 1/8 . Répondre sur DR 5/7 .		

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

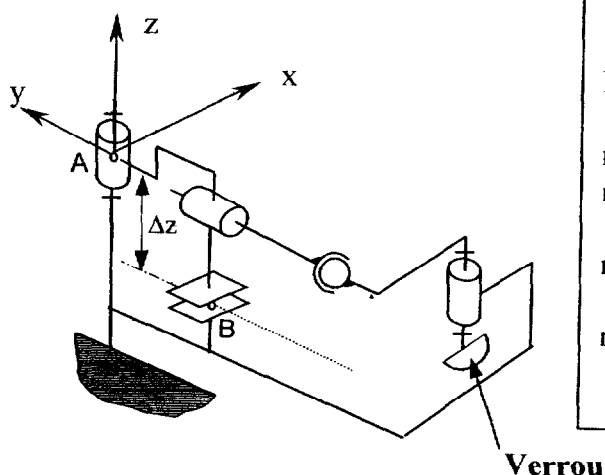
MISE EN POSITION DE 2 PAR RAPPORT A 1



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 , \parallel , ...) 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..

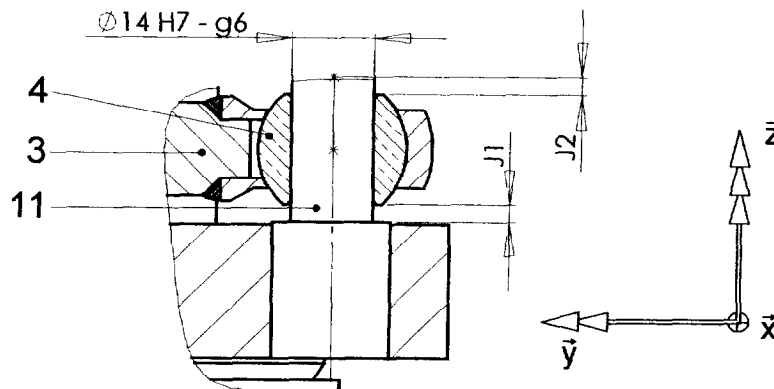


$$h = m_u + m_i + \sum n_s - 6(n - 1)$$

- 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 $L_{3/4}$) conformément à la figure ci-dessous (liaison $L_{3/11}$), 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.		
<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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

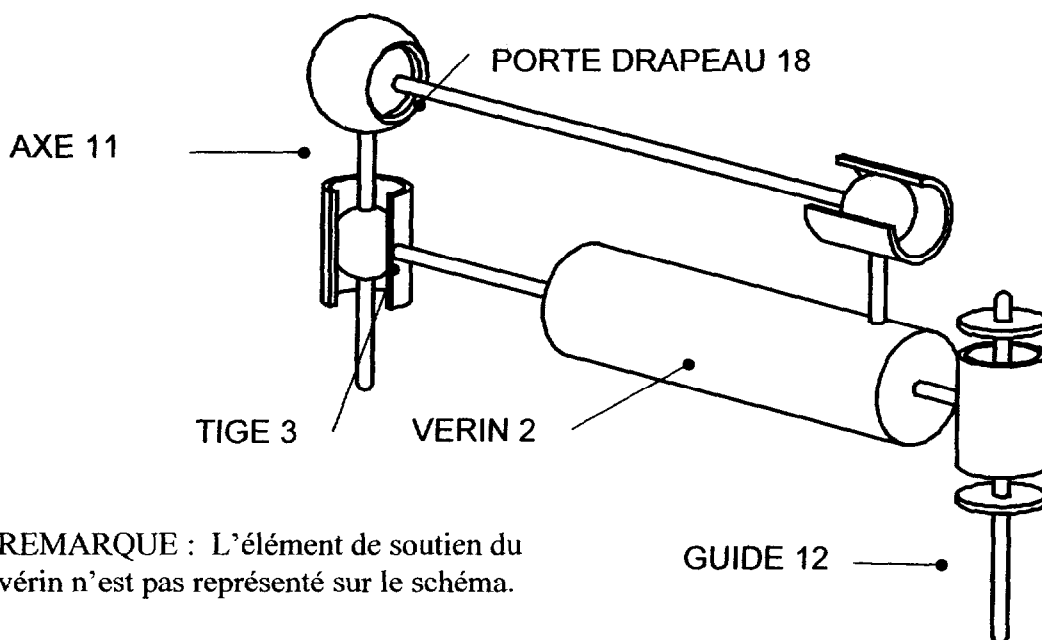
La fixation par pincement des capteurs qui déterminent les positions « verrouillée » et « déverrouillée » du verrou sur les tirants du vérin, n'est pas fiable. En conséquence, la position angulaire du verrou devient mauvaise au bout d'un certain temps et il est impossible d'effectuer la phase 4 du cycle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

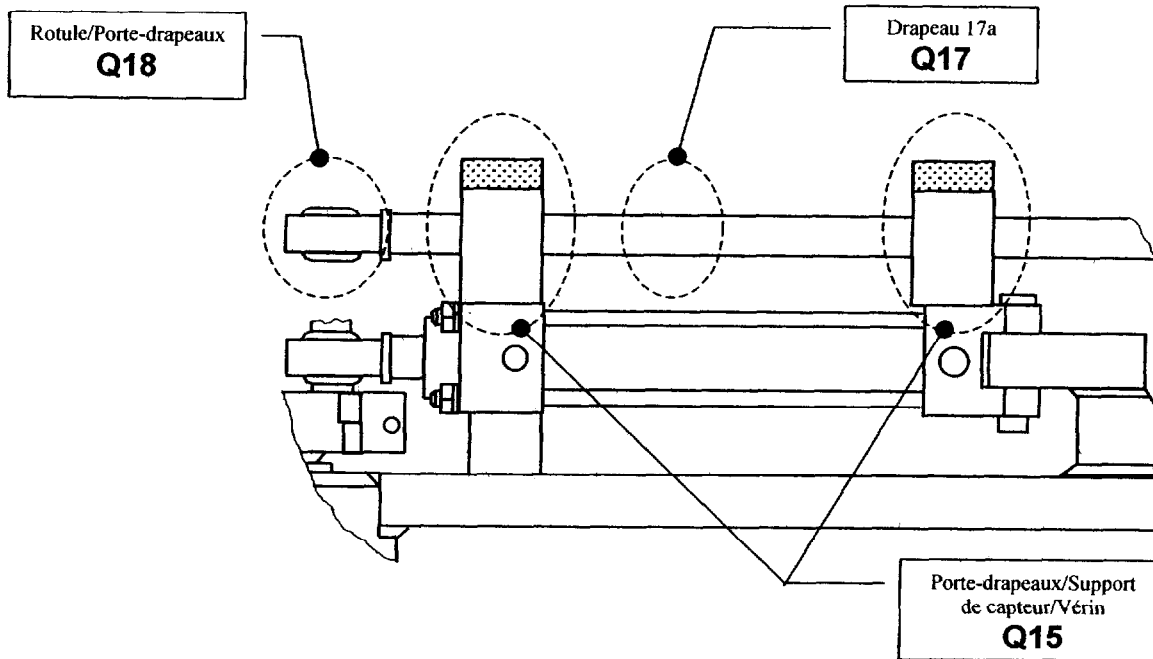
On met en place deux SUPPORTS DE CAPTEURS présentés sur le document **DT 6/8**.

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**.

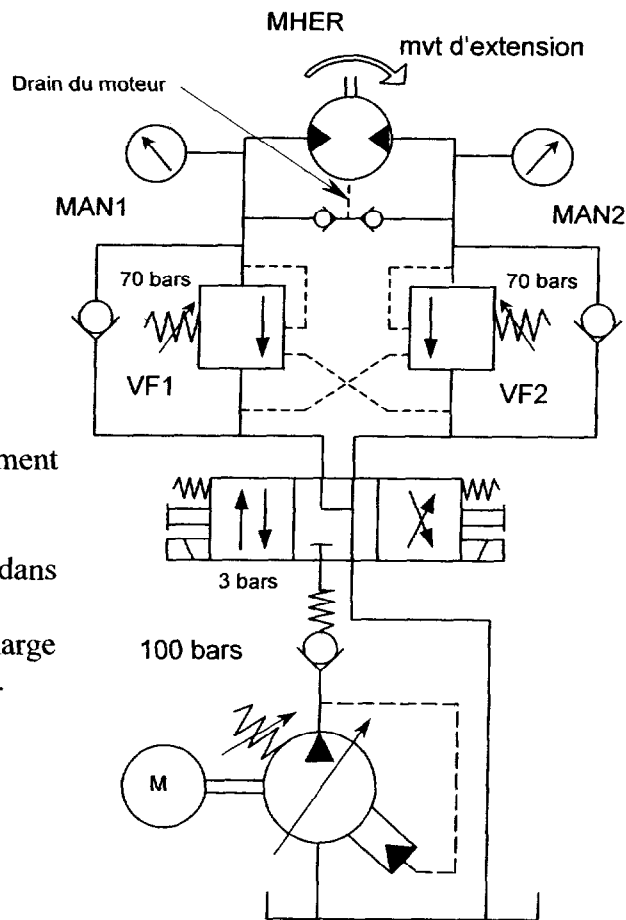
Indiquer les ajustements nécessaires

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>		

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

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

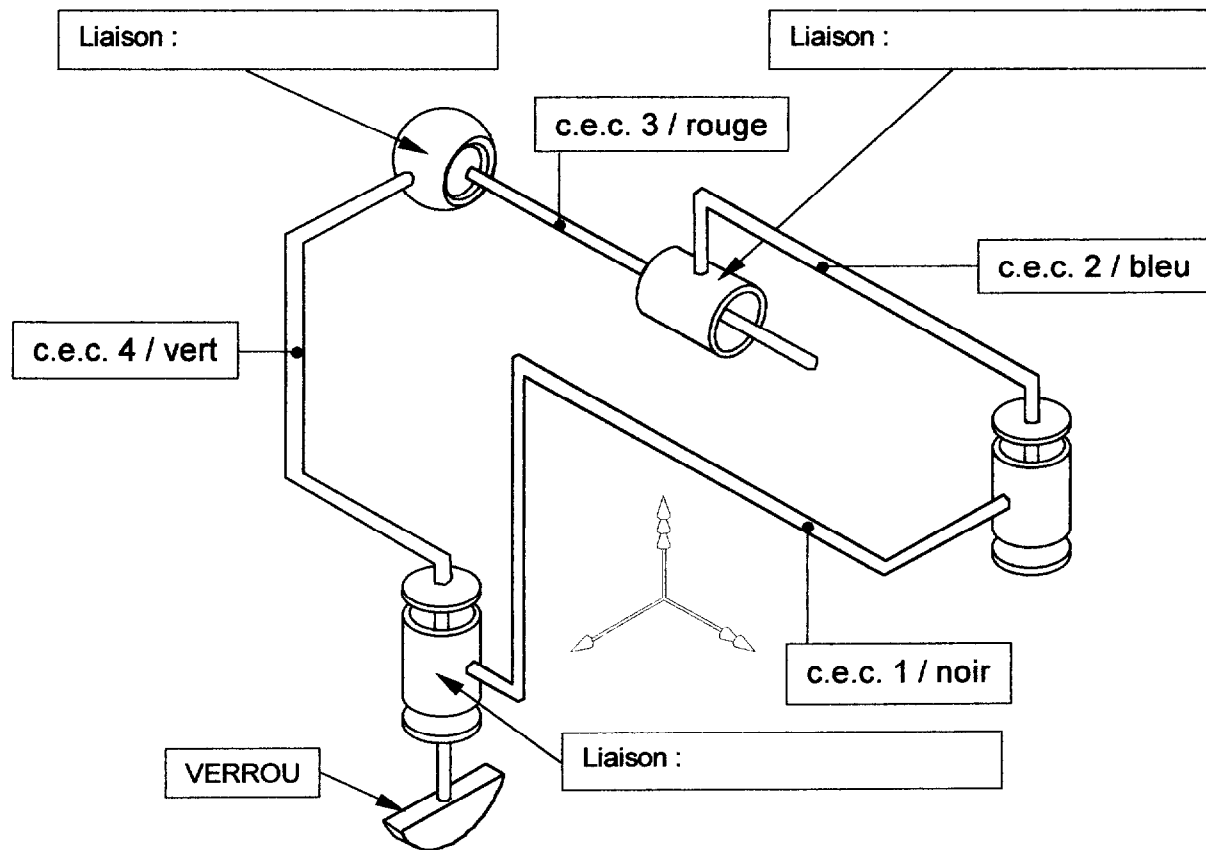
Documents réponses

Ce dossier contient les documents DR 1/7 à DR 7/7

Les documents-réponses de format A3 doivent être pliés au format A4 et agrafés à l'une des copies doubles du (de la) candidat(e).

Q1**SCHEMA CINEMATIQUE DU SYSTEME DE VERROUILLAGE**

Le sous-ensemble {palpeur 6 + bloqueur 13} n'est pas représenté.

**DESCRIPTION DES CLASSES D'EQUIVALENCE CINEMATIQUES**

c.e.c. 1 = { }

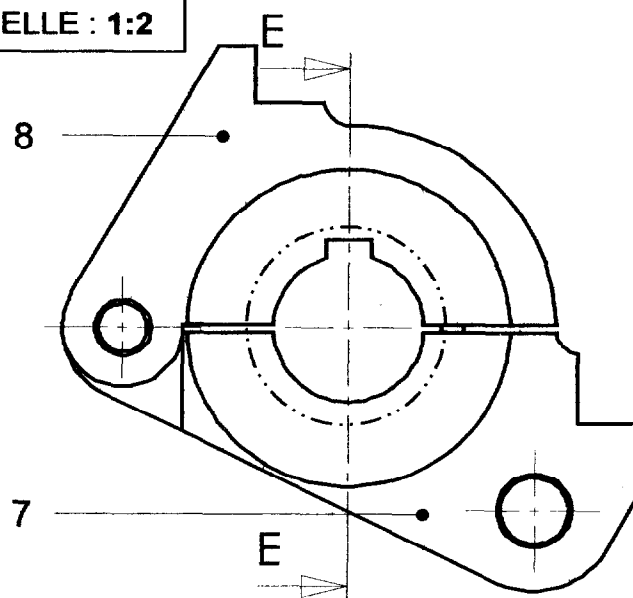
c.e.c. 2 = { }

c.e.c. 3 = { }

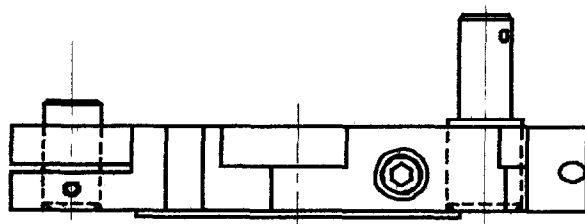
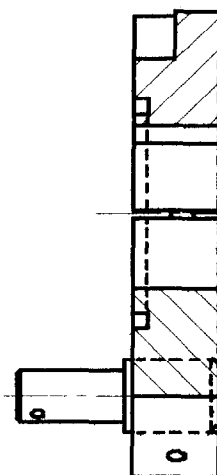
c.e.c. 4 = { }

DR 1/7

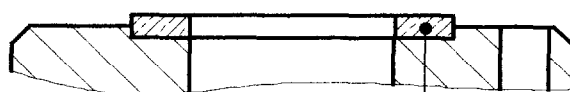
ECHELLE : 1:2



E-E



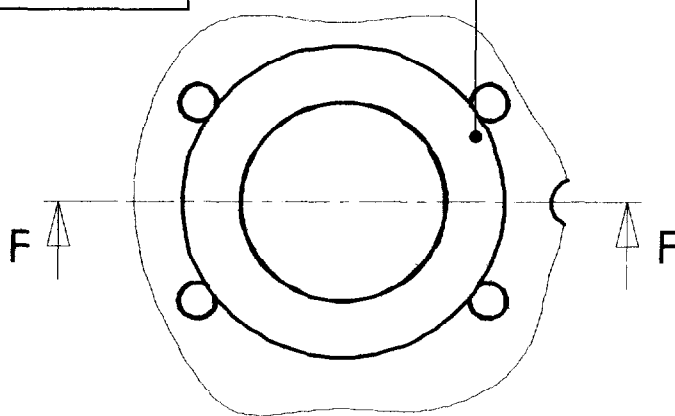
BAGUE D'APPUI 9 MONTÉE



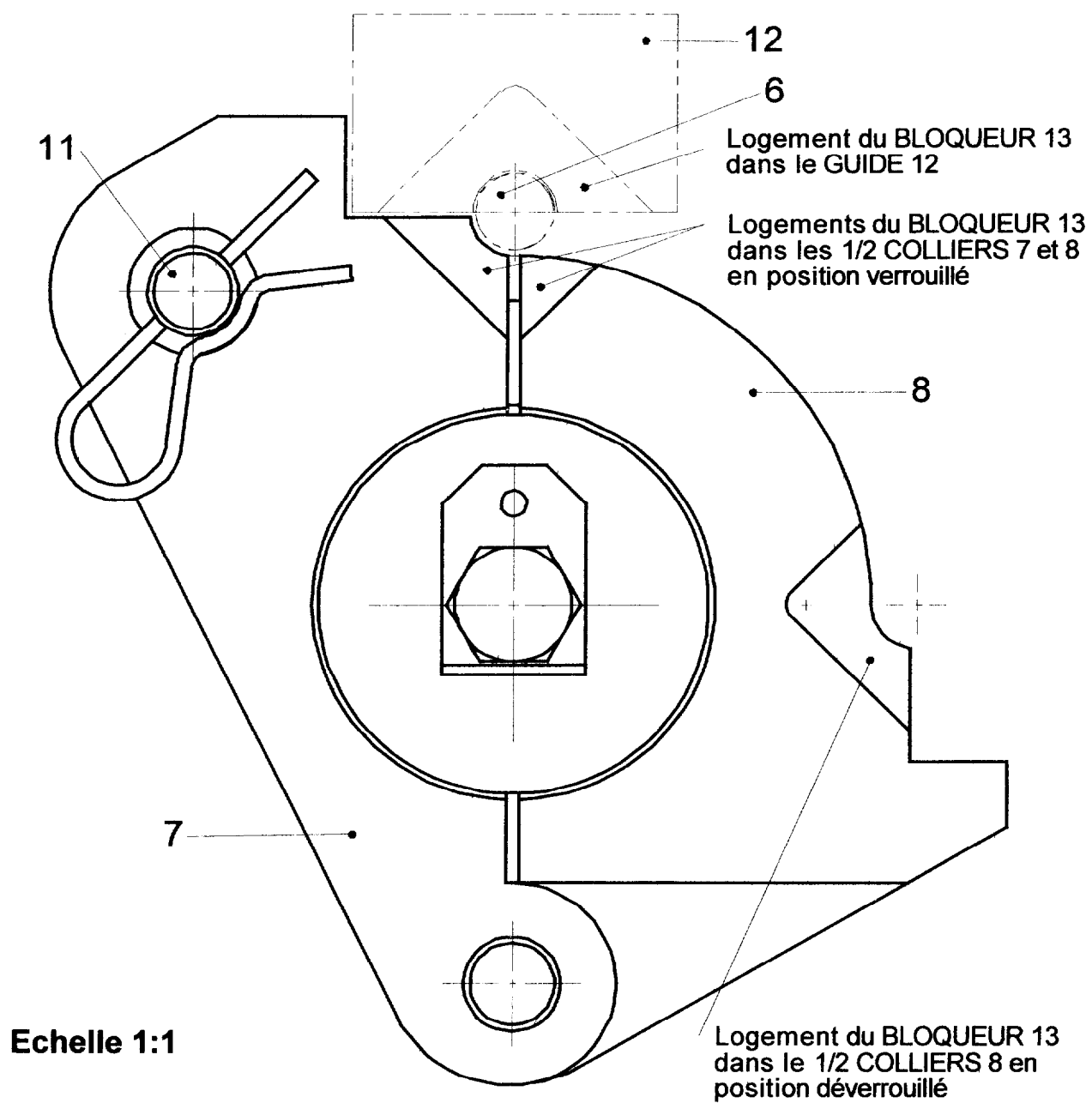
F-F

9

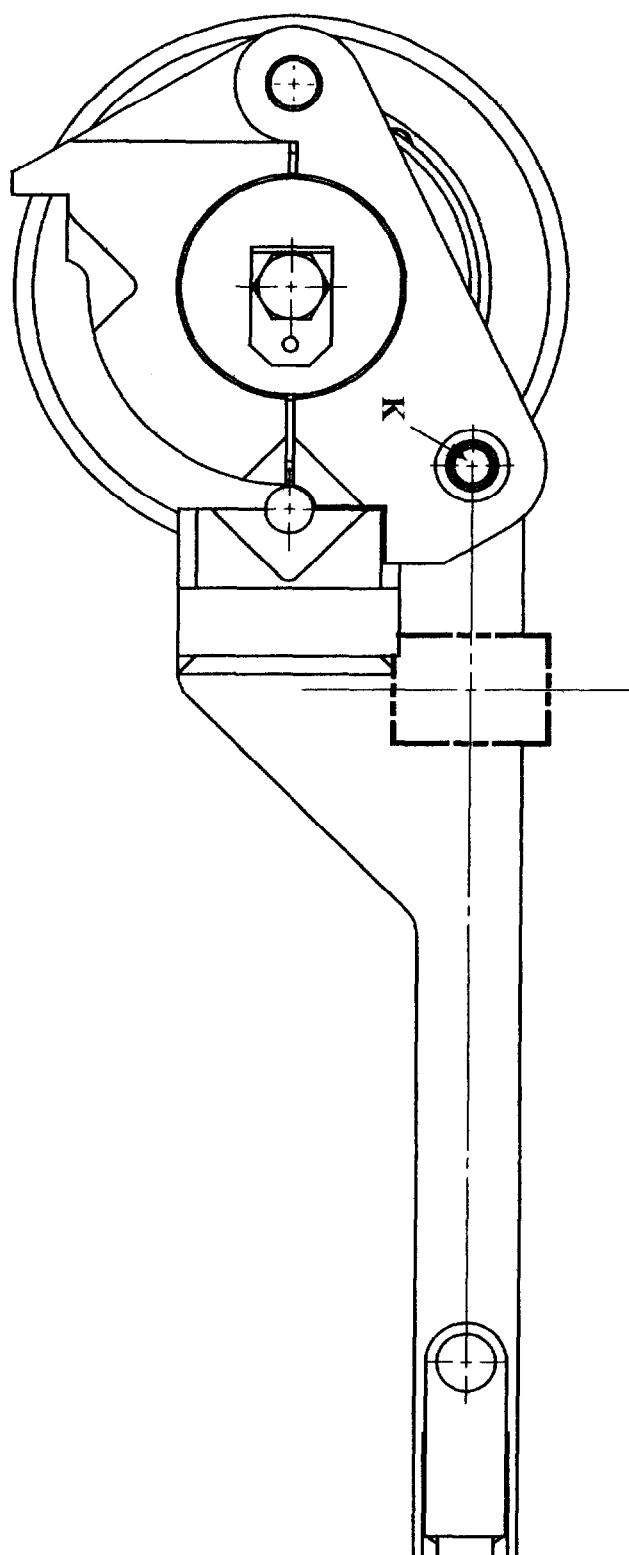
ECHELLE : 1:2



Q7 DETERMINATION DU RAYON EXTERIEUR DE LA BAGUE 9



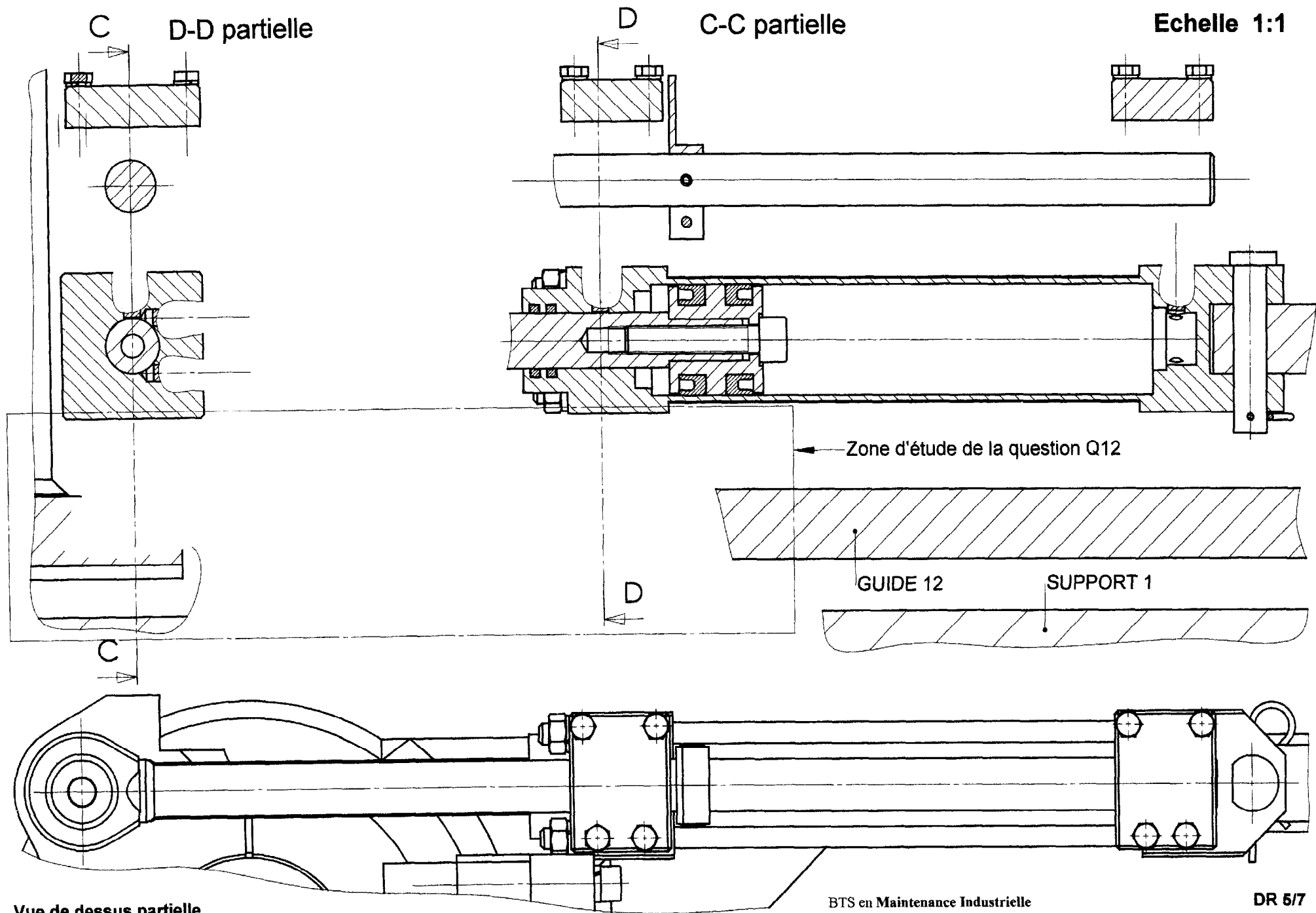
Q11 REPONDRE A LA QUESTION 11 SUR CE DOCUMENT



Echelle 1:2

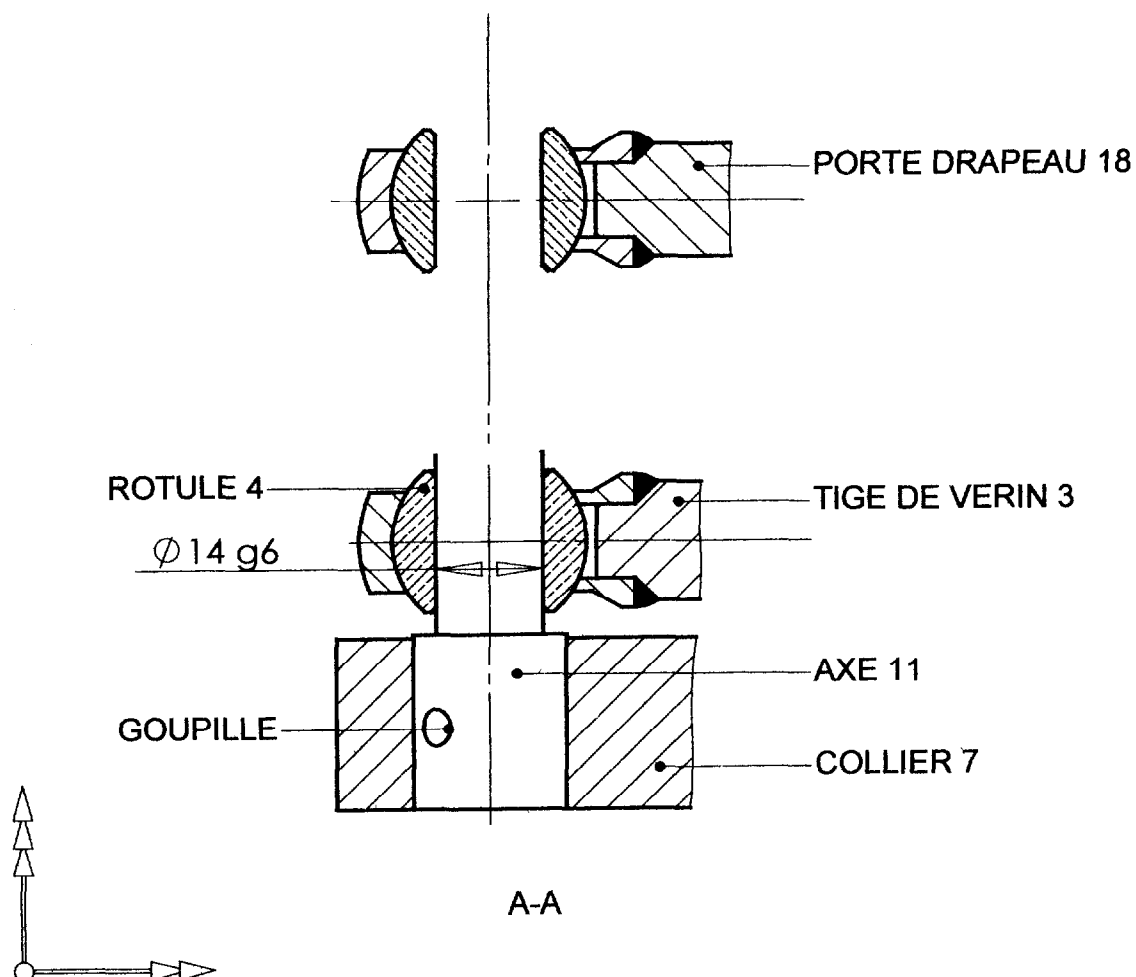
DR 4/7

MIE4AFS4



Vue de dessus partielle

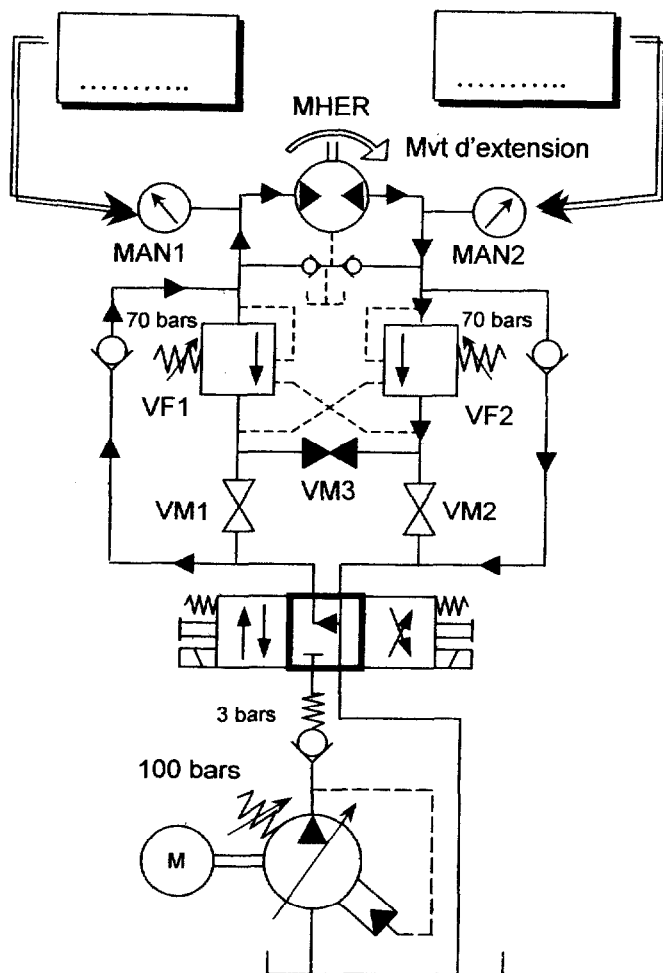
Q18 REPONDRE A LA QUESTION Q18 SUR CE DOCUMENT



Echelle 1:1

Q19 FONCTIONNEMENT DE LA VALVE DE FREINAGE VF2.

SCHEMA 1

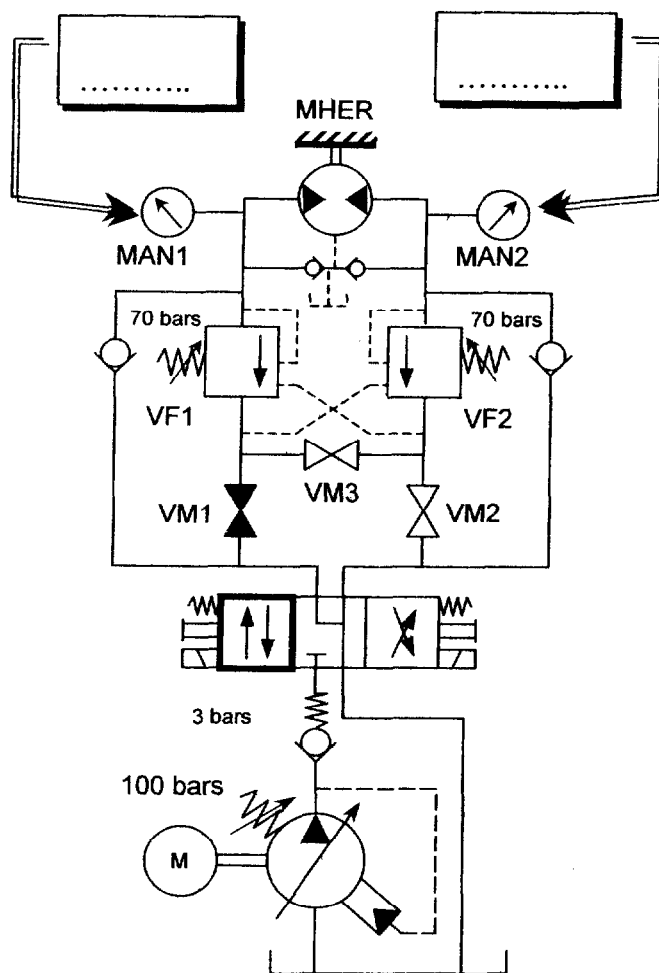


NOMENCLATURE DES COULEURS

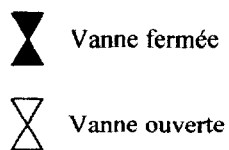
vert	0 bars
rouge	70 bars
bleu	100 bars
	bars

Q20 ETALONNAGE DE VF1.

SCHEMA 2



ETAT DES VANNES MANUELLES :



Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2004

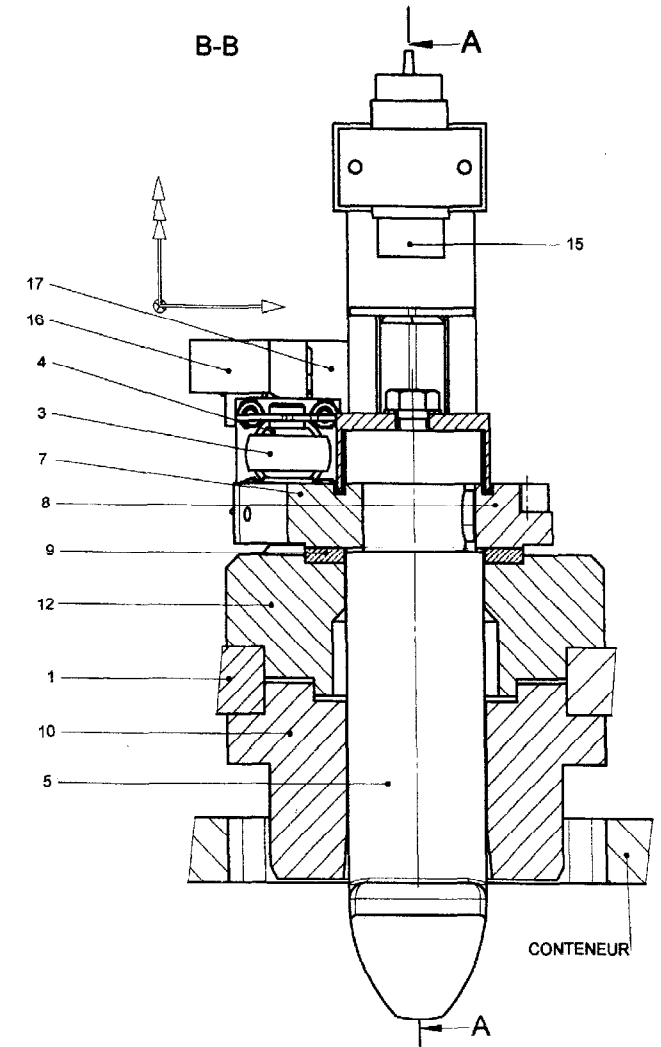
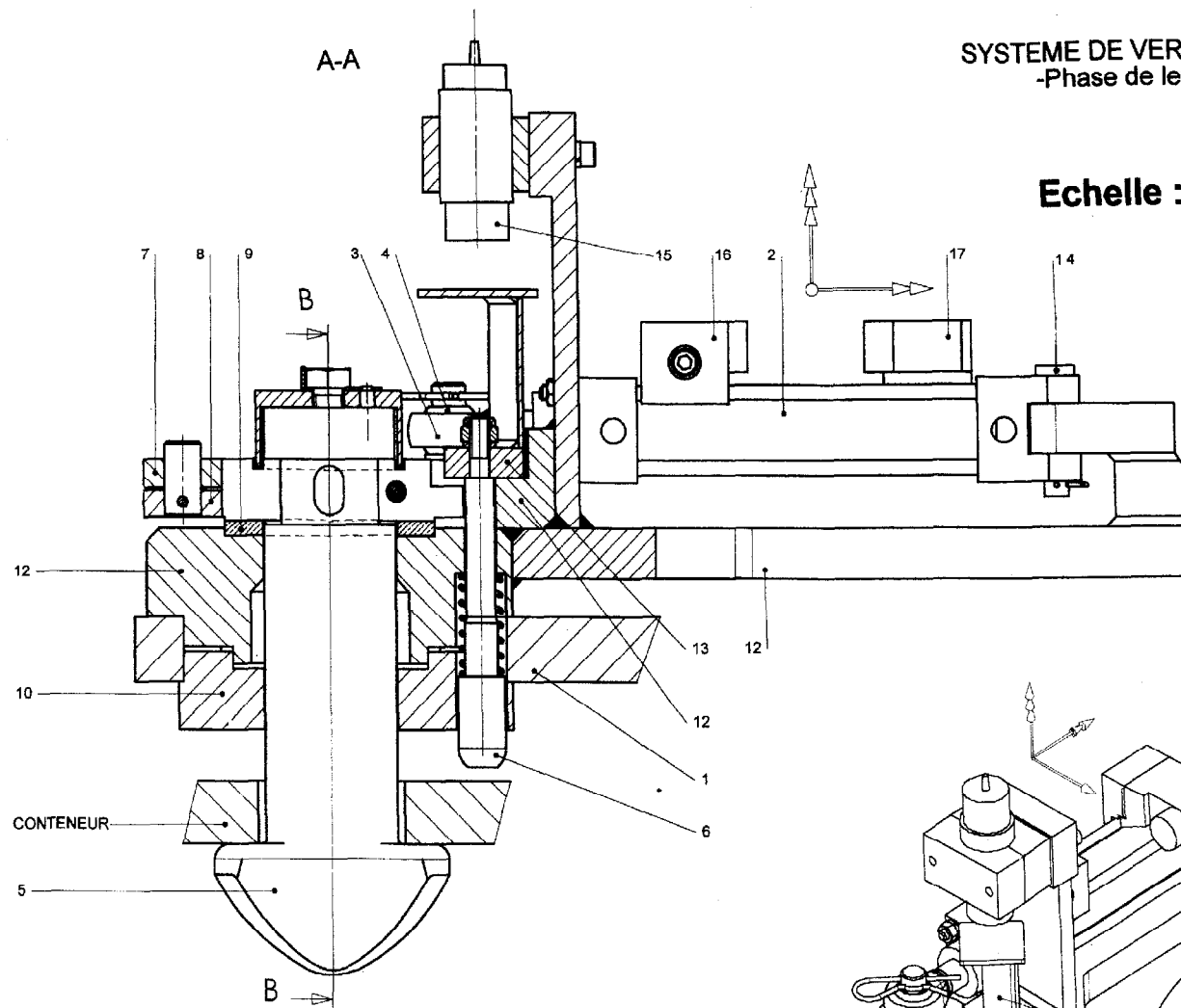
**Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)**

Dossier technique

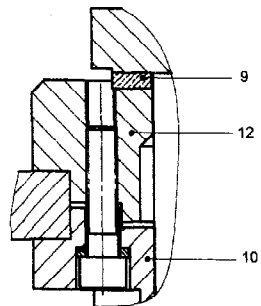
Ce dossier contient les documents DT 1/8 à DT 8/8

SYSTEME DE VERROUILLAGE -Phase de levage-

Echelle : 1:2

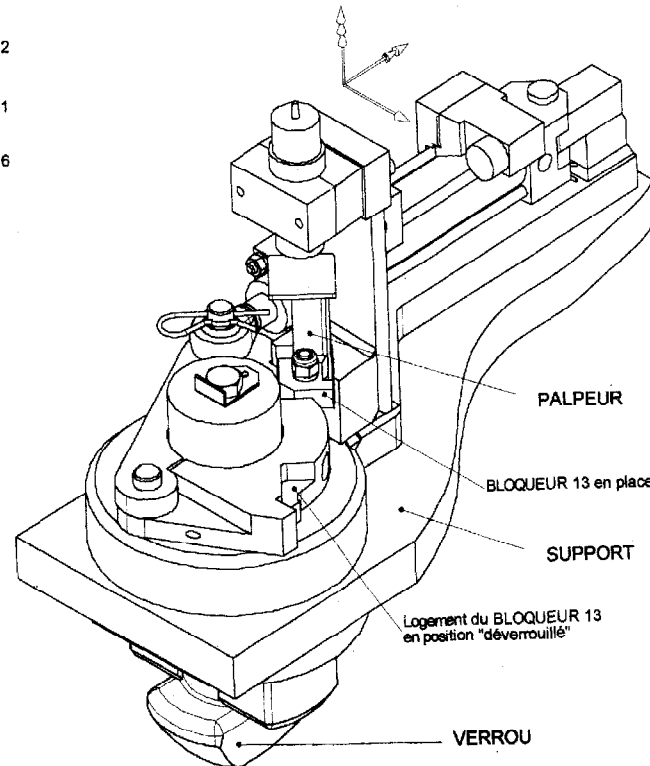
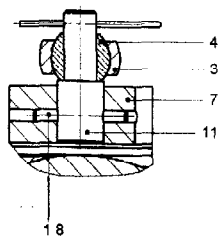


Vue de détail :



Vue de détail :

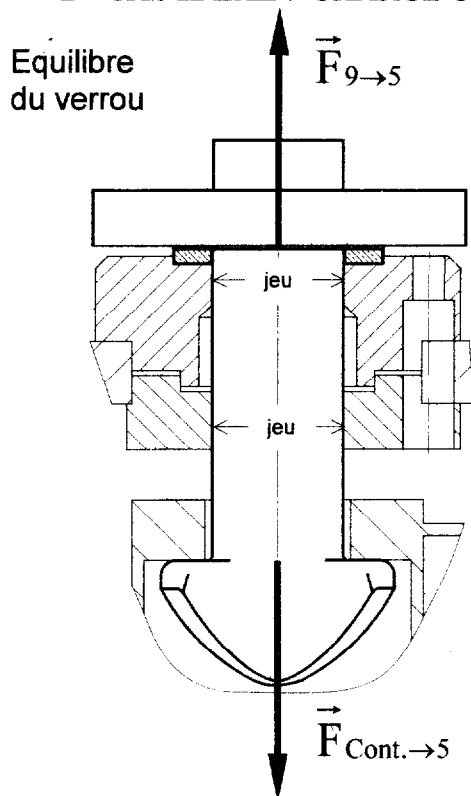
Montage de ROTULE 4 sur AXE 11



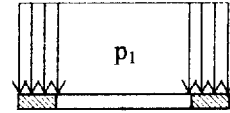
9	BAGUE D'APPUI	18	GOUPILLE
8	1/2 COLLIER	17	CAPTEUR de verrouillage
7	1/2 COLLIER	16	CAPTEUR de déverrouillage
6	PALPEUR	15	CAPTEUR de blocage
5	VERROU	14	AXE DE CORPS
4	ROTULE	13	BLOQUEUR
3	TIGE DE VERIN ET EMBOUT	12	GUIDE
2	CORPS DE VERIN	11	AXE DE TIGE
1	SUPPORT	10	NEZ GUIDE
Rep	Désignation	Rep	Désignation

PREMIERE ETUDE MECANIQUE DE LA BAGUE D'APPUI 9.

□ CAS IDÉAL : CHARGE CENTREE.



Répartition de pression sur la bague



$$p_1 = \frac{F}{S}$$

$$S = \pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)$$

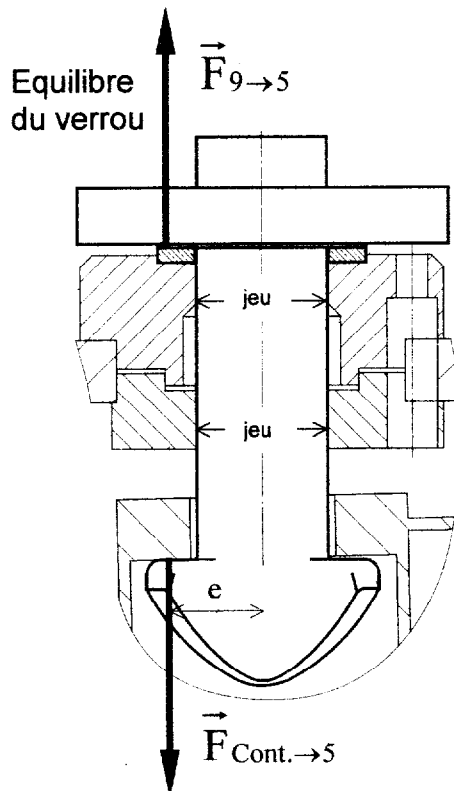
On rappelle que : $\|\vec{F}_{\text{Cont.} \rightarrow 5}\| = 10^5 \text{ N}$

R_e = rayon extérieur de la bague 9.

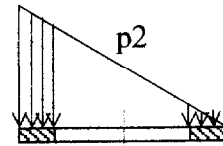
R_i = rayon intérieur de la bague 9.

On mesure R_i et R_e sur le document DR2.

□ CAS LIMITE : CHARGE EXCENTRÉE - Levage d'un conteneur déformé.



Répartition de pression sur la bague



$$p_{2\text{max}} = \frac{2F}{S}$$

$$S = \pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)$$

R_e = rayon extérieur de la bague 9.

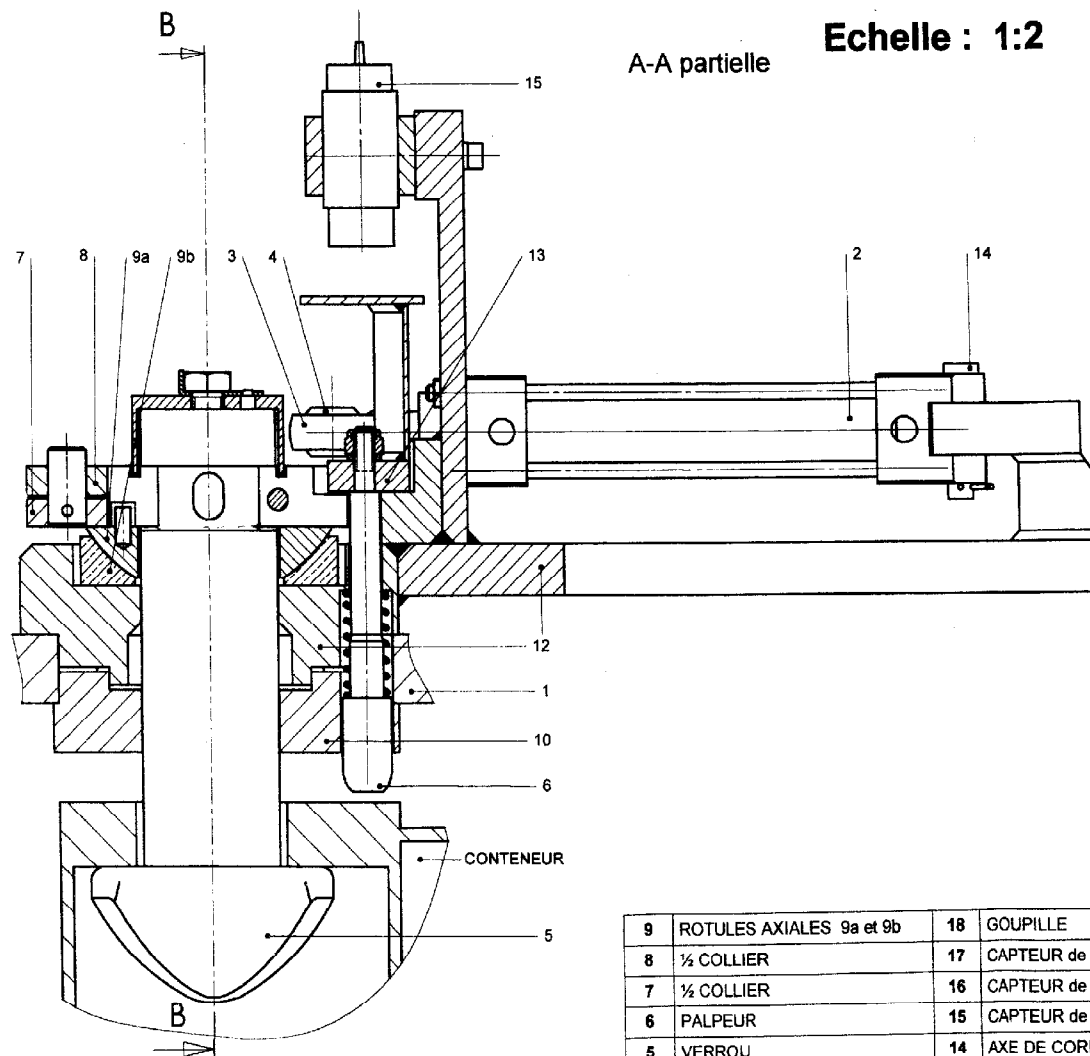
R_i = rayon intérieur de la bague 9.

$\|\vec{F}_{\text{Cont.} \rightarrow 5}\| = 10^5 \text{ N}$.

On mesure R_i et R_e sur le document DR2.

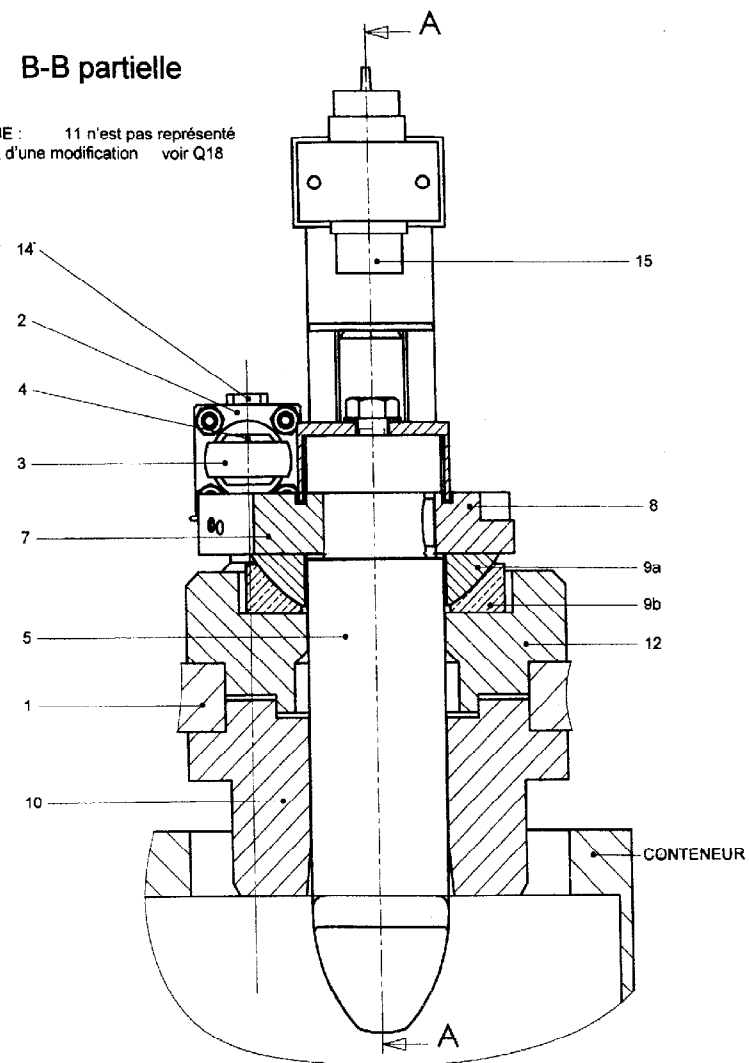
SYSTEME DE VERROUILLAGE -Phase de levage-

VERSION AVEC ROTULES AXIALES



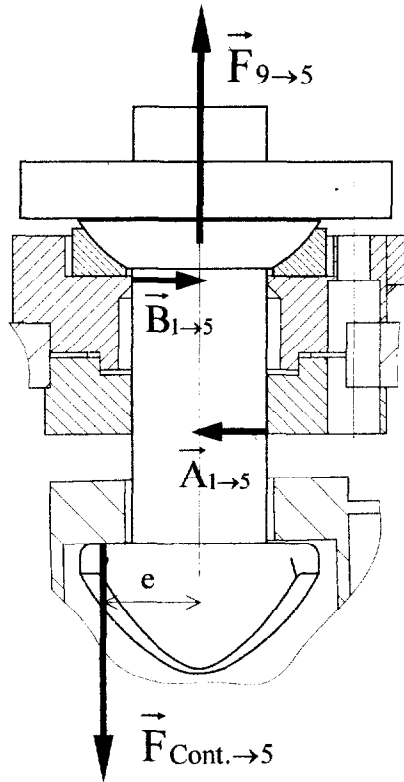
A-A partielle
Echelle : 1:2

REMARQUE : 11 n'est pas représenté
Il fait l'objet d'une modification voir Q18

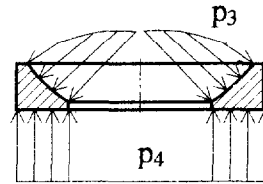


9	ROTULES AXIALES 9a et 9b	18	GOUPILLE
8	1/2 COLLIER	17	CAPTEUR de verrouillage
7	1/2 COLLIER	16	CAPTEUR de déverrouillage
6	PALPEUR	15	CAPTEUR de blocage
5	VERROU	14	AXE DE CORPS
4	ROTULE	13	BLOQUEUR
3	TIGE DE VERIN ET EMBOUT	12	GUIDE
2	CORPS DE VERIN	11	AXE DE TIGE
1	SUPPORT	10	NEZ GUIDE
Rep	Désignation	Rep	Désignation

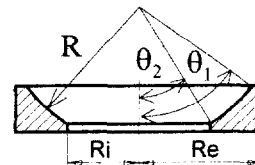
DEUXIEME ETUDE MECANIQUE DE LA BAGUE D'APPUI 9.



Répartition de pression sur la bague



Repérage



On mesure :

- $R = 57 \text{ mm}$
- $\cos \theta_1 = 0.579$ et $\cos \theta_2 = 0.856$
- $R_e = 51 \text{ mm}$ et $R_i = 29.5 \text{ mm}$

On rappelle que :

$$\|\vec{F}_{Cont. \rightarrow 5}\| = 10^5 \text{ N.}$$

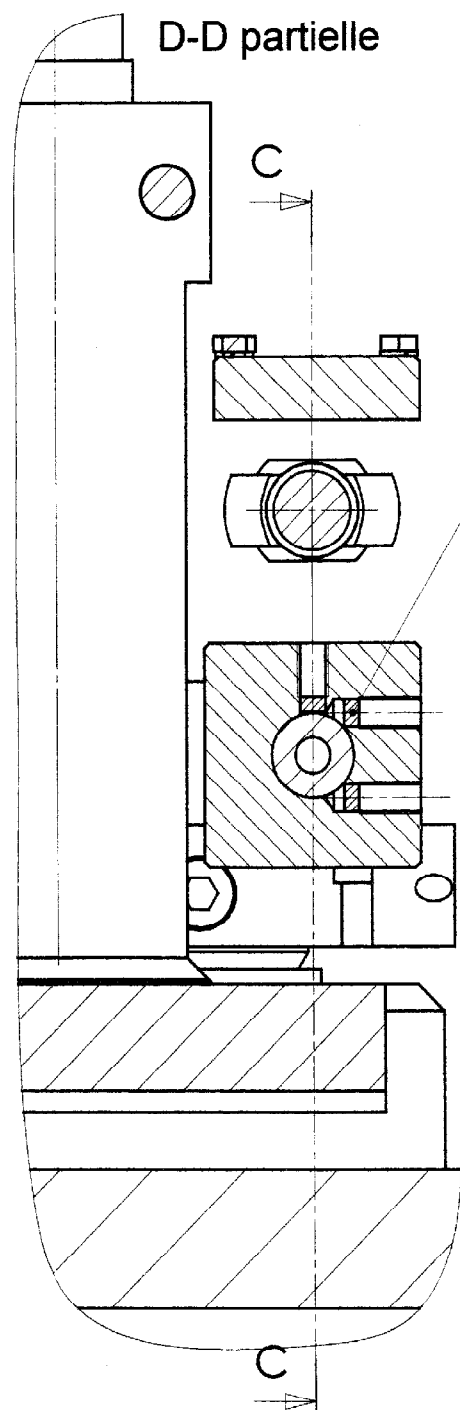
On donne la valeur maximale de la pression sur la partie sphérique de la rotule axiale :

$$P_{3\max} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \frac{\cos \theta_2}{(\cos^3 \theta_2 - \cos^3 \theta_1)}$$

APPLICATION NUMERIQUE :

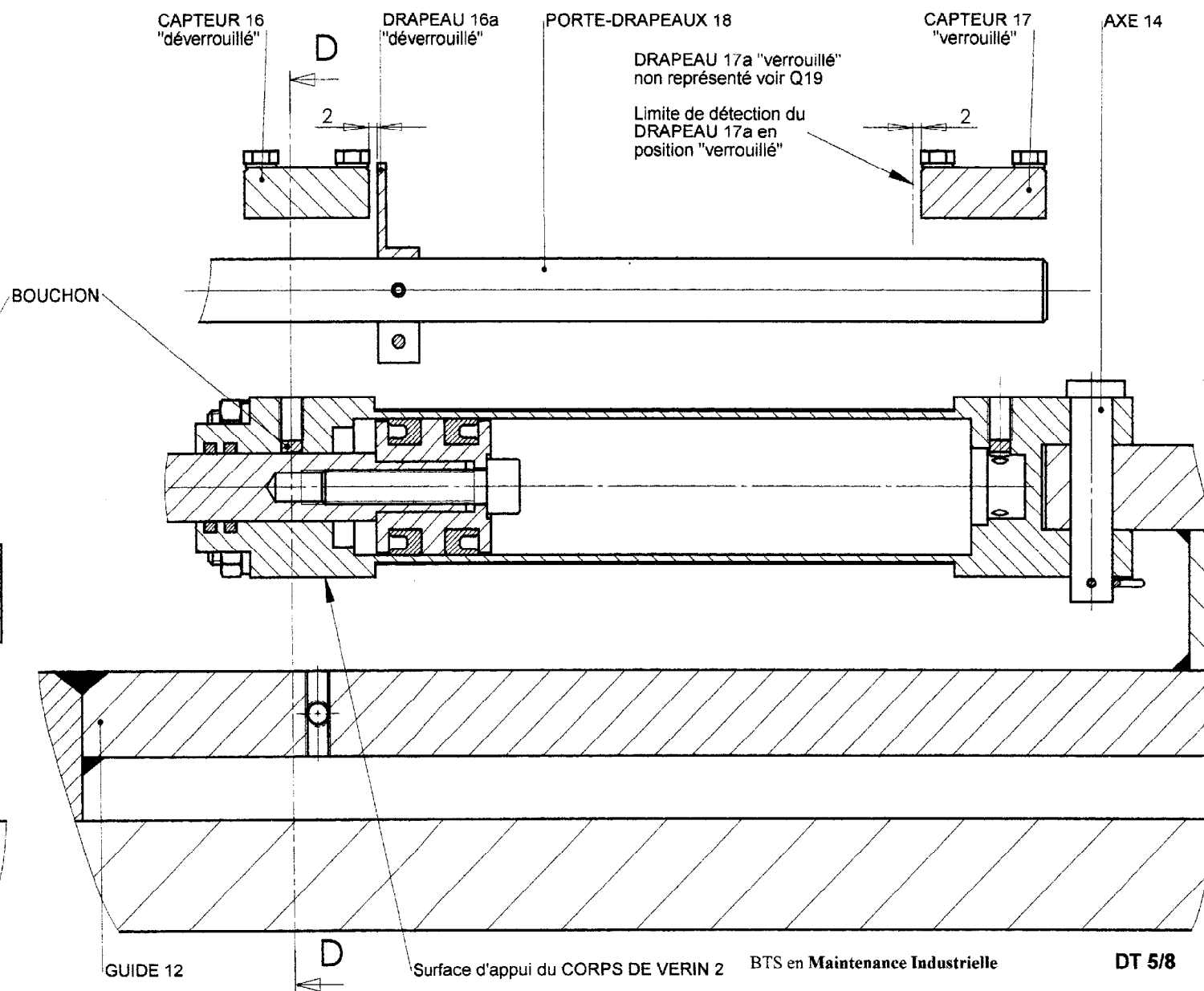
On mesure θ_2 et θ_1 et on en déduit :

$$\frac{\cos \theta_2}{(\cos^3 \theta_2 - \cos^3 \theta_1)} = 2.$$

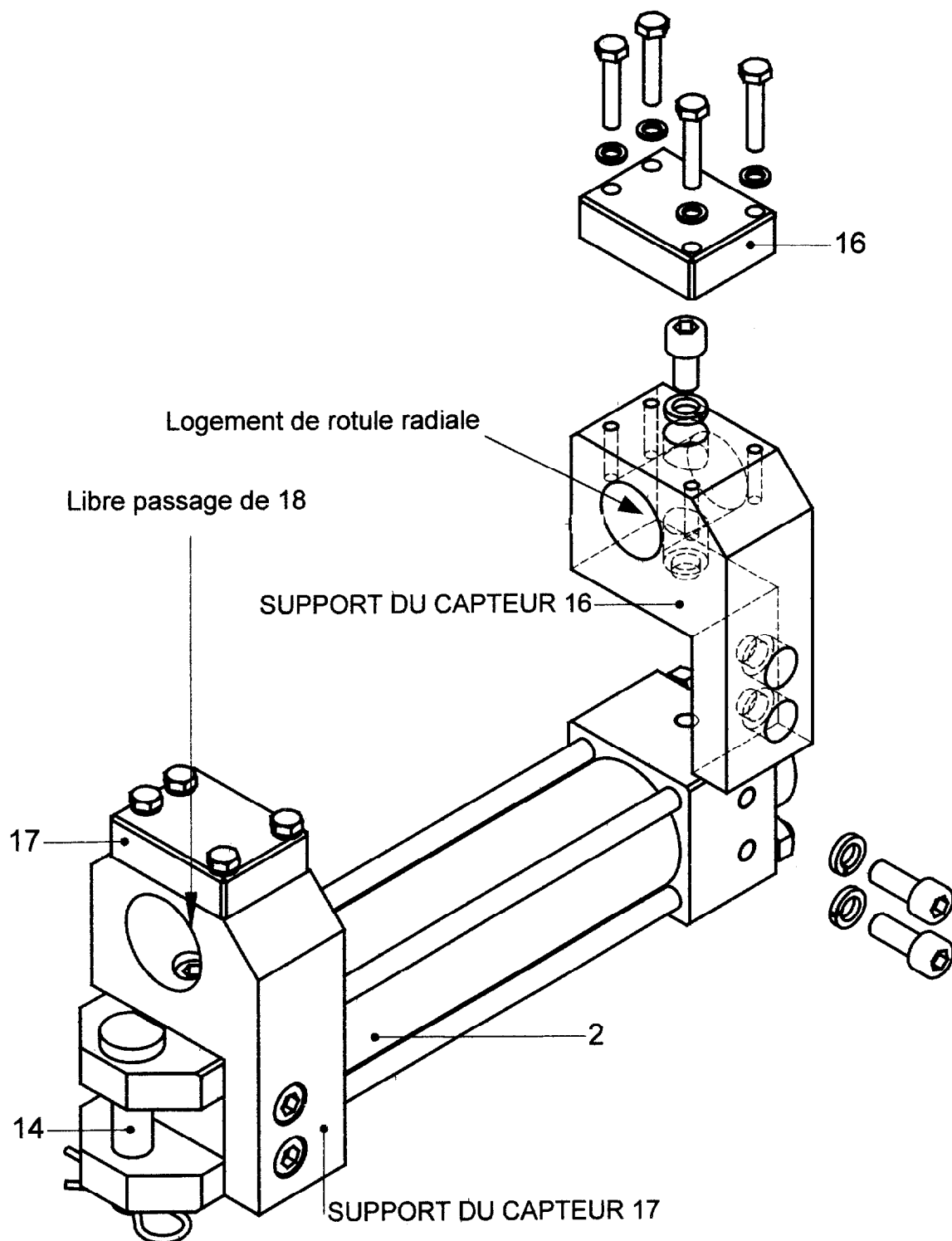


C-C partielle

Echelle 1:1

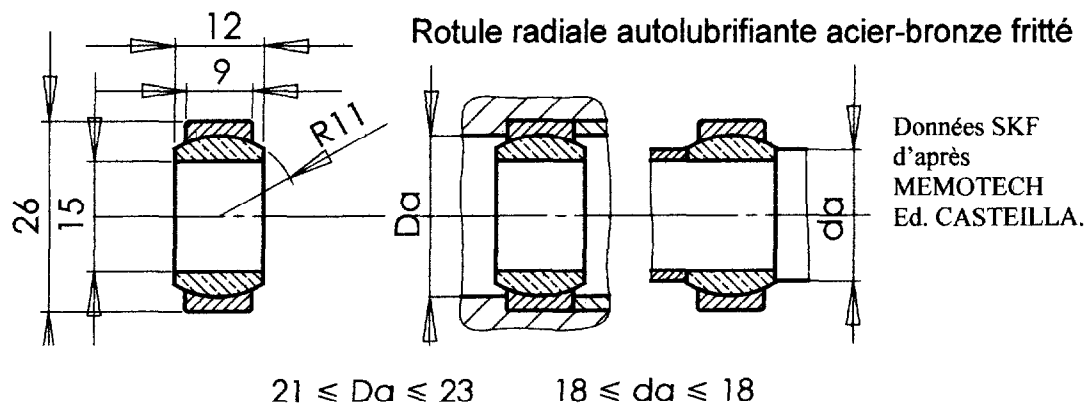


MISE EN PLACE DE SUPPORTS DE CAPTEURS SUR 2



ROTULES RADIALES

d'après NF L31. 550 / 552.



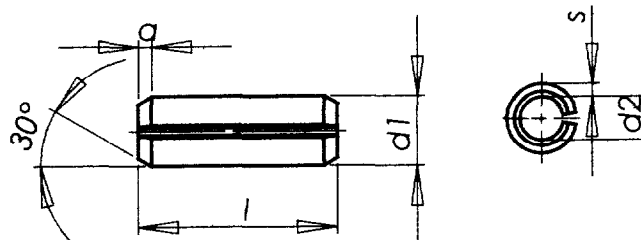
RECOMMANDATIONS	AJUSTEMENT SERRE	AJUSTEMENT GLISSANT
Tolérance sur l'arbre	k6	h6 ou g6
Tolérance sur l'alésage	H7	K7, alliage léger M7

GOUPILLES ELASTIQUES

d'après NF E27. 489.

Goupilles
DIN1481

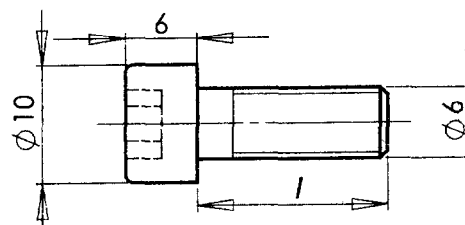
D'après
MEMOTECH
Ed. CASTEILLA.



Ø nominal	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10
a	0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	0,8	0,9	1,2	2	2
d1 mini	1,2	1,7	2,3	2,8	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6,4	8,5	10,5
d1 maxi	1,3	1,8	2,4	2,9	3,5	4	4,6	5,1	5,6	6,7	8,8	10,8
d2	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,8	2,9	3,4	3,9	5,5	6,5
s	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	0,8	1	1	1,25	1,5	2

VIS A TETE CYLINDRIQUE A 6 PANS CREUX d'après NF E25.125.

Vis CHC M6



l	10	12	16	20	25	30	35
---	----	----	----	----	----	----	----

FONCTIONNEMENT DES VALVES DE FREINAGE

Le circuit de commande et de contrôle du moteur MHER comporte un module composé de deux valves de freinage (et d'équilibrage).

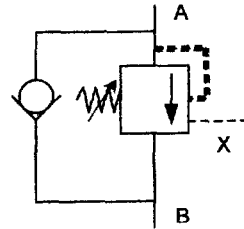
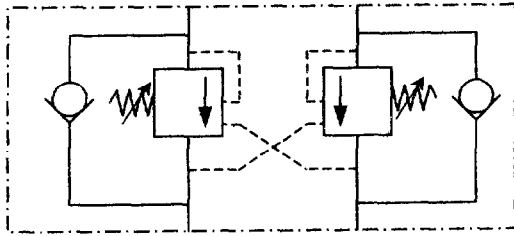


Figure 1

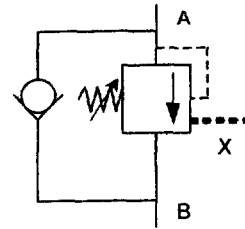


Figure 2

Chaque valve comporte deux circuits de commandes fonctionnant en parallèle c'est à dire de façon indépendante :

- Le circuit de commande interne est surligné sur la figure 1.
- Le circuit de commande externe est surligné sur la figure 2

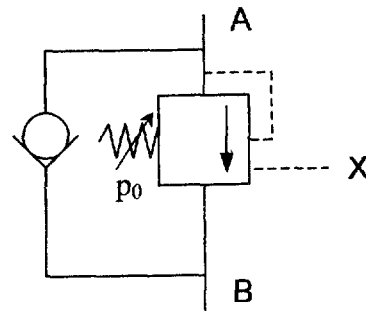
FONCTIONNEMENT :

- COMMANDE EXTERNE

Si $\left(p_X \geq \frac{p_0}{4}\right)$ alors $(A \rightarrow B \text{ et } p_A = p_B)$

- COMMANDE INTERNE

Si $(p_A - p_B = p_0)$ alors $(A \rightarrow B)$



CAS PARTICULIER :

La commande externe est neutralisée. La valve ne peut s'ouvrir que sous l'action de la commande interne.

- Si $p_A = p_0$
alors $A \rightarrow B$
- Sinon valve fermée, fonction clapet de non-retour.

