

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES

SESSION 2003

PARTIE : MECANIQUE APPLIQUEE, RESISTANCE DES MATERIAUX

Durée : 5 heures

Coefficient : 3

Ce dossier contient :

DOSSIER CONSTRUCTEUR :

- Texte de présentation : Pages 1/3 à 3/3.
- Plan d'ensemble Document 1
- Nomenclature Document 2

DOSSIER TRAVAIL DEMANDE :

- Texte du sujet Pages 1/5 à 5/5

DOCUMENTS REPONSE A REMETTRE PAR LE CANDIDAT :

- Document réponse..... Document 3
- Document réponse..... Document 4

DOSSIER RESSOURCE :

- Surfaces de friction planes Page 1/2
- Système vis-écrou..... Page 1/2
- Rondelles « Belleville » : Page 2/2

TOUS DOCUMENTS AUTORISES

DOSSIER CONSTRUCTEUR

CONTENU DU DOSSIER :

- **Texte de présentation :** Mise en situation
 Sujet de l'étude
 Fonctionnement

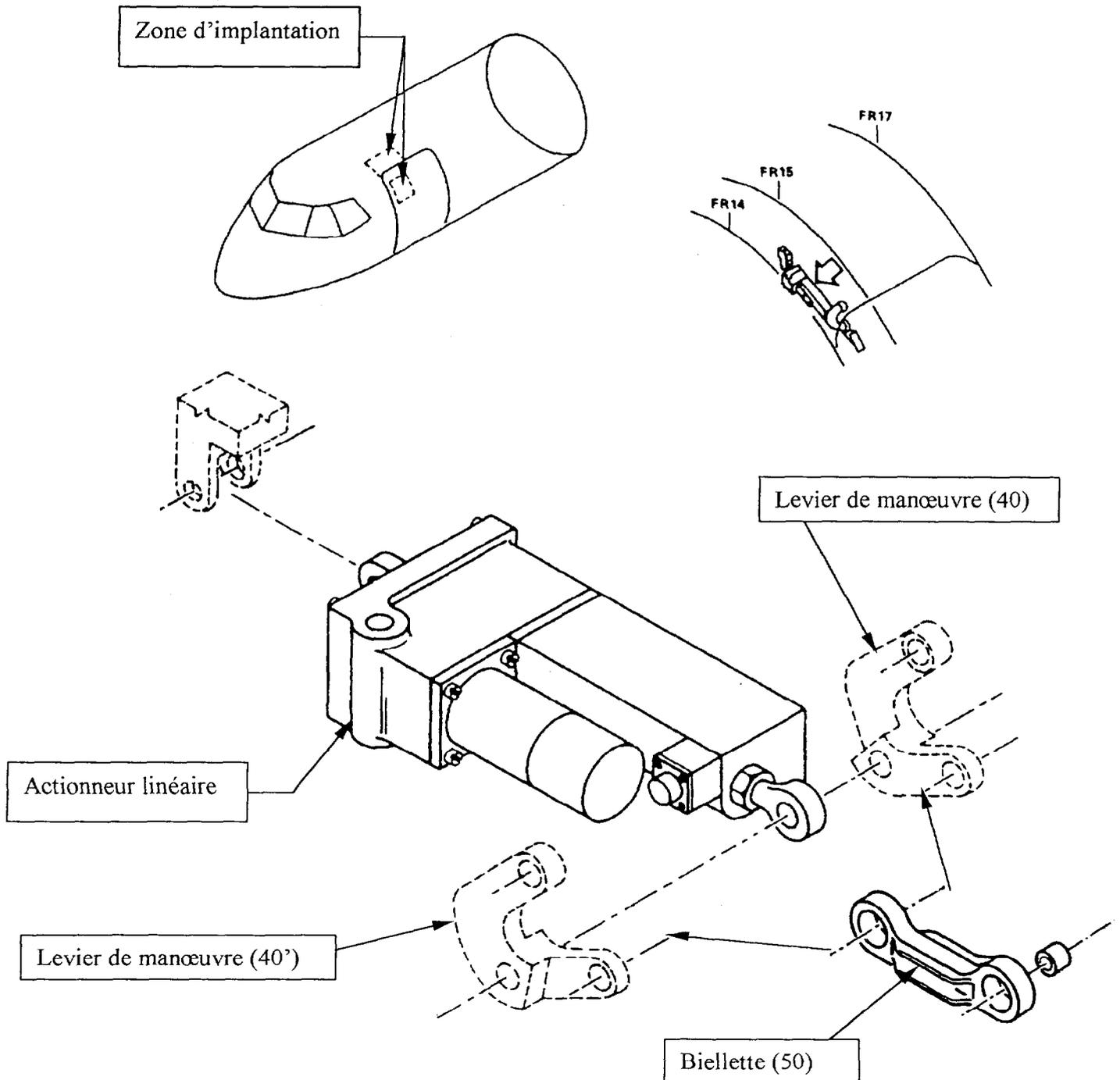
- **Plan d'ensemble de l'actionneur linéaire** Document 1

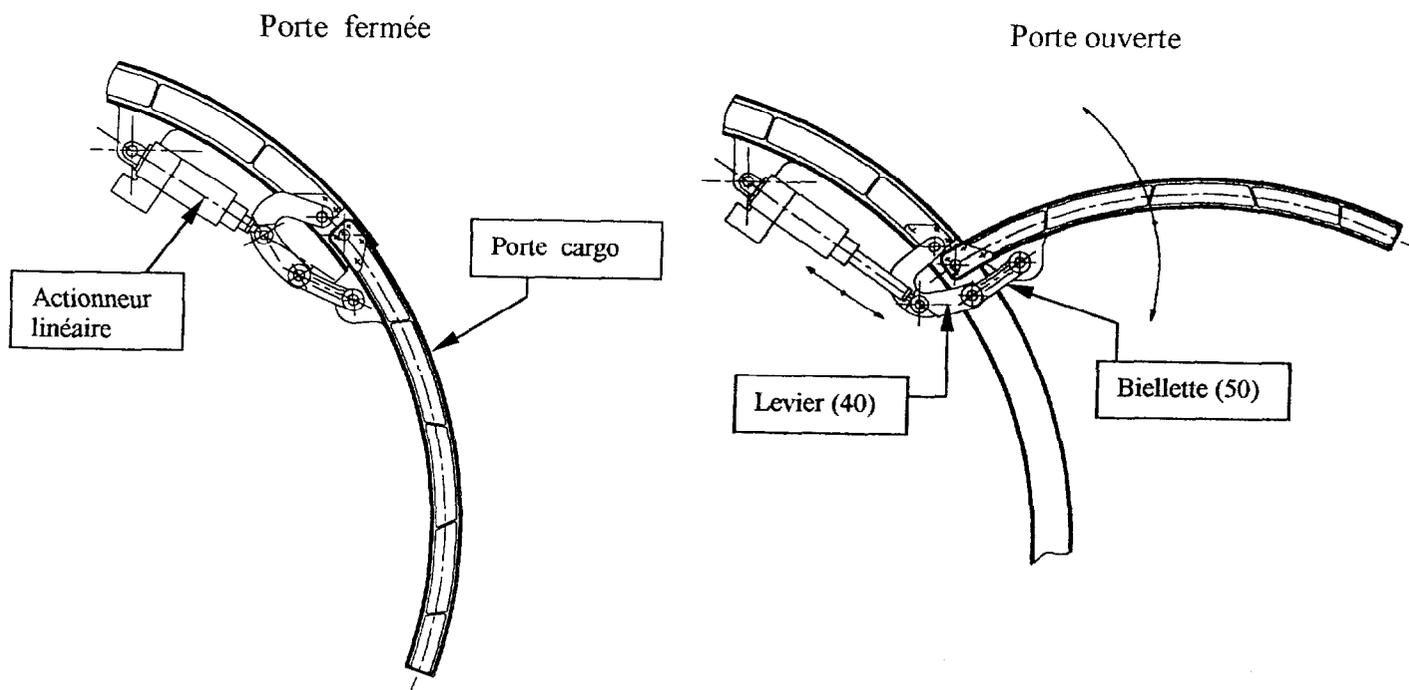
- **Nomenclature** Document 2

PRESENTATION DE L'ACTIONNEUR LINEAIRE

I - MISE EN SITUATION :

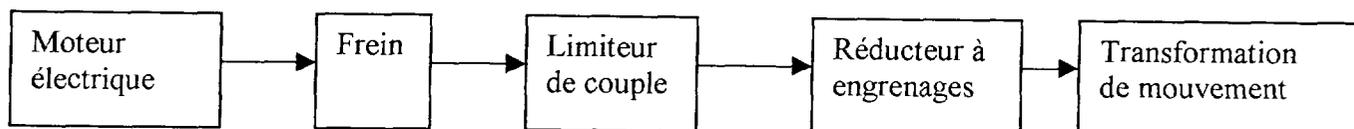
L'actionneur linéaire est destiné à l'ouverture et à la fermeture de la porte cargo de l'Avion de Transport Régional ATR 42.





II – SUJET DE L'ETUDE :

L'étude proposée se limite à l'ensemble représenté sur les documents 1 et 2 ; et à son implantation sur la structure :



Caractéristiques générales de l'actionneur linéaire:

- Masse : 6,5 kg.
- Longueur mini : 340 mm.
- Longueur maxi : 504 mm.
- Charge maxi certifiée (en poussant ou en tirant) : 1260 daN.
- Charge maxi à l'arrêt (en poussant ou en tirant) : 4500 daN.
- Vitesse sous charge maxi certifiée: 7 mm.s^{-1} .
- Système vis (10) – écrou (9) irréversible.

Caractéristiques du moteur électrique :

- Tension d'alimentation nominale : 28 V DC.
- Intensité nominale : $\leq 6,8 \text{ A}$.

III – FONCTIONNEMENT (Documents 1 et 2) :

Cet actionneur peut être mis en marche :

- Soit par un moteur (13) à courant continu, à excitation série, équipé d'un frein à commande électromagnétique à manque de courant ;
- Soit manuellement au moyen d'une manivelle que l'on adapte sur le carré d'extrémité de l'axe (21). Pour des raisons de sécurité l'accès au carré d'entraînement (21) est protégé par un couvercle qui peut pivoter autour d'un axe. Au cours de la rotation l'axe du couvercle agit sur un « microswitch » ce qui permet d'interdire l'alimentation du moteur électrique (13) en position couvercle « ouvert ». Ce dispositif de sécurité est incomplètement défini sur le plan d'ensemble (document 1).

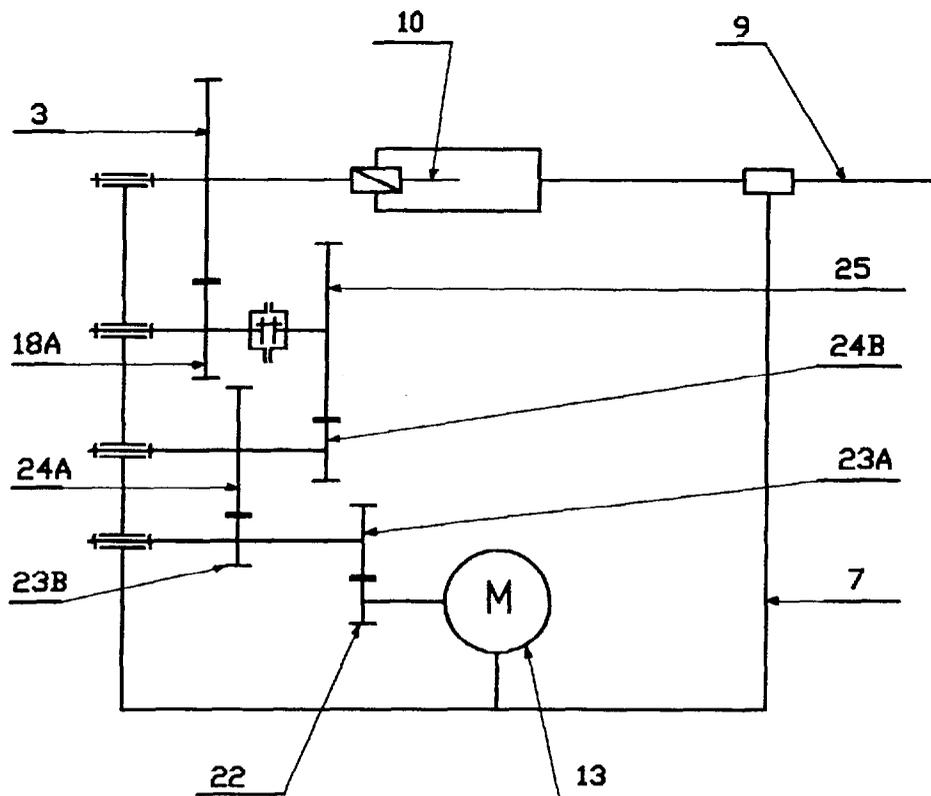
En fonctionnement « électrique » :

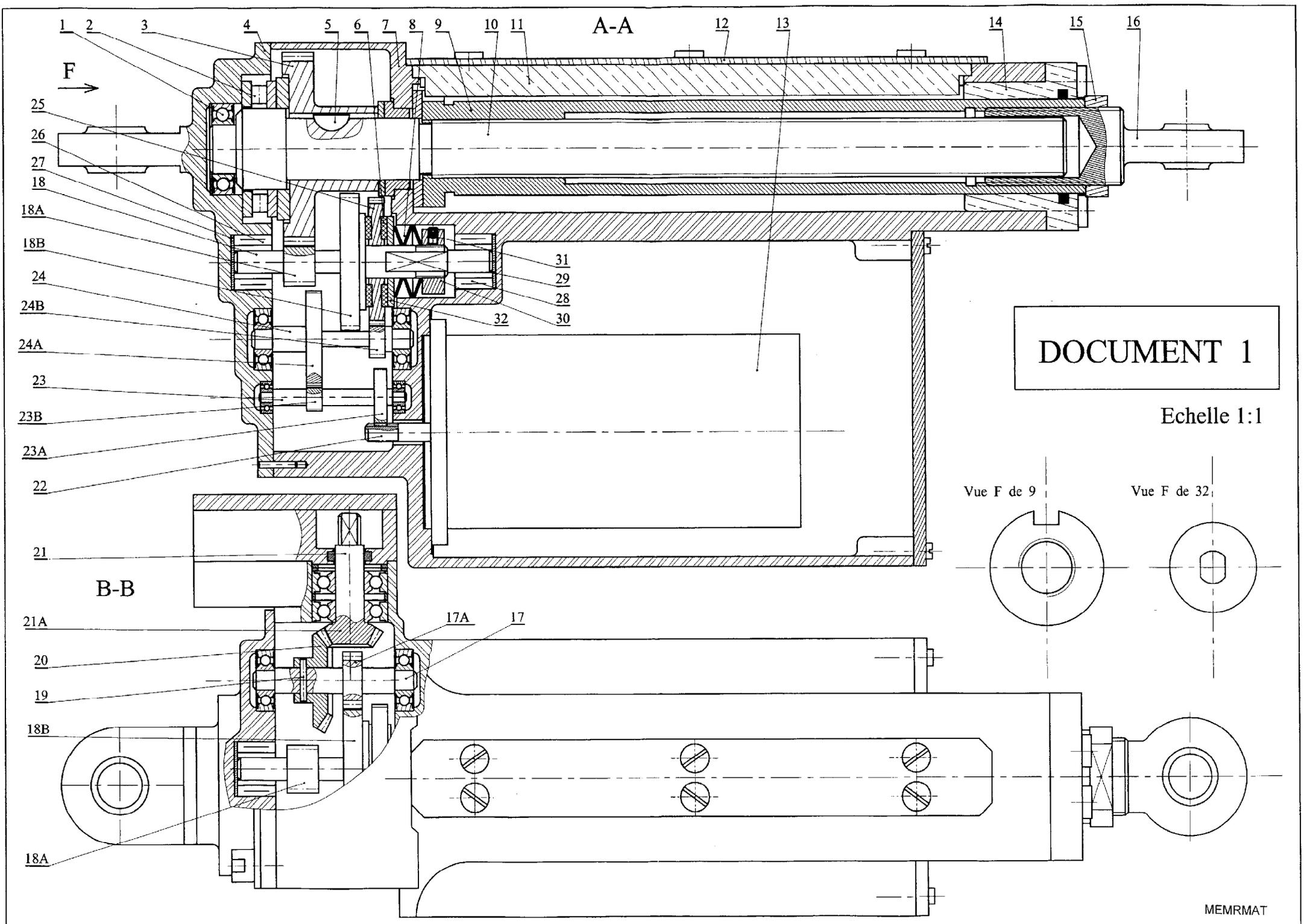
L'arbre moteur (22) transmet la puissance à un réducteur à engrenages cylindriques à denture droite.

Sur l'arbre (18) de ce réducteur de vitesse est monté un limiteur de couple. Le limiteur de couple réalisé avec des disques de friction permet par l'intermédiaire de l'écrou (30) de régler le couple maximal transmissible.

Le mouvement de rotation est transformé en translation par le système vis (10) – écrou (9).

Schéma cinématique en fonctionnement « électrique » :



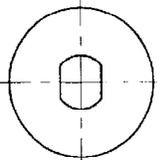
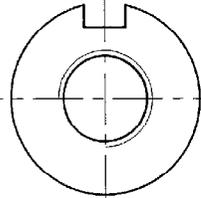


DOCUMENT 1

Echelle 1:1

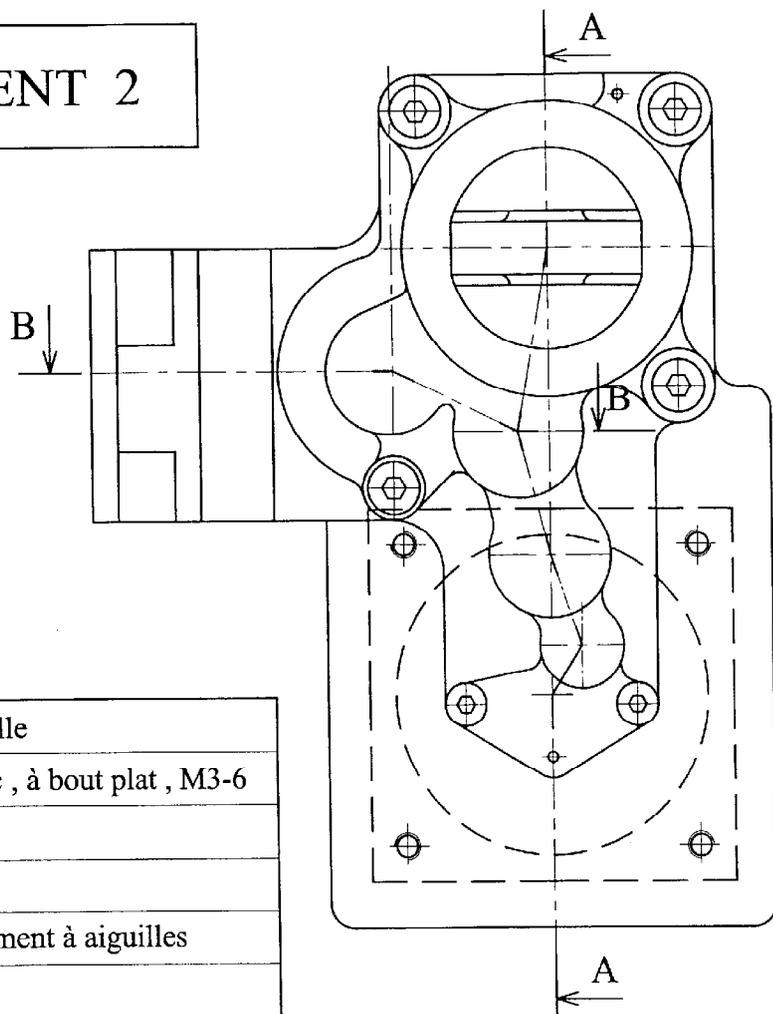
Vue F de 9

Vue F de 32



DOCUMENT 2

Echelle 1:1



32	1	Rondelle	
31	1	Vis Hc , à bout plat , M3-6	
30	1	Ecrou	
29	1		
28	1	Roulement à aiguilles	
27	1		
26	1	Roulement à aiguilles	
25	1	Roue à denture droite	30 dents , module 0,8
24B	1	Pignon à denture droite	12 dents , module 0,8
24A	1	Roue à denture droite	48 dents , module 0,6
24	1	Axe 2ème étage	
23B	1	Pignon à denture droite	12 dents , module 0,6
23A	1	Roue à denture droite	45 dents , module 0,4
23	1	Axe 1er étage	
22	1	Pignon moteur	10 dents , module 0,4

21A	1	Pignon conique	15 dents , module 1,25
21	1	Axe de commande manuelle	
20	1	Roue conique,denture droite	25 dents , module 1,25
19	1	Goupille	
18B	1	Roue à denture droite	32 dents , module 1,25
18A	1	Pignon à denture droite	10 dents , module 1,25
18	1	Axe 3ème étage	
17A	1	Pignon à denture droite	12 dents , module 1,25
17	1	Axe intermédiaire	
16	1	Chape mobile	
15	1	Ecrou	
14	1	Coussinet	
13	1	Moteur avec frein	
12	1	Couvercle	
11	1	Guide de tube écrou	
10	1	Vis à 3 filets	pas = 7,62 à droite
9	1	Tube écrou	
8	6	Rondelles Belleville	
7	1	Carter	
6	2	Couronnes de friction	
5	1	Clavette disque	
4	1	Platine	
3	1	Pignon à denture droite	46 dents , module 1,25
2	1	Butée à rouleaux	
1	1	Roulement rigide à billes	
Rep	Nb	Désignations	Observations

NOMENCLATURE

DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

CONTENU DU DOSSIER :

- Texte du sujet : Pages 1/5 à 5/5
- Document réponse Document 3
- Document réponse Document 4

PARTIE A

Suite à un problème répétitif d'ouverture de porte, la compagnie aérienne a effectué un retour usine de l'actionneur linéaire pour échange standard et vérification. Votre employeur équipé en matériel aéronautique et fabricant de l'actionneur linéaire vous demande de régler le couple maximal transmissible par le limiteur de couple monté sur l'arbre (18) et de vérifier la résistance du tube-écrou (9). L'effort supporté par l'actionneur linéaire est maximal pour la position de la porte représentée sur le **document 3**. L'étude sera effectuée pour cette position de la porte.

I – ETUDE STATIQUE:

OBJECTIF: Déterminer l'effort maximal exercé par l'actionneur linéaire sur le levier de manœuvre (40)-(40') pour soulever la porte cargo (document 3).

On se place dans la position représentée par la figure sur le document 3. L'actionneur est articulé en A avec le fuselage (0) et en B avec le levier de manœuvre (40). Ce levier est lié au fuselage (0) par la liaison pivot C et à la biellette (50) par la liaison pivot D. La biellette (50) transmet l'effort à la porte (60) par la liaison F. La porte cargo est guidée en rotation par rapport au fuselage (0) par une liaison pivot E.

Données:

- Le poids de la porte est de 1200 N.
- La position du centre de gravité G de la porte est donnée sur la figure.
- Le dessin donne les dimensions de l'ensemble (échelle 1:5) – **Document réponse 3**.

Hypothèses:

- On néglige le frottement dans toutes les liaisons.
- On néglige le poids des pièces, sauf celui de la porte.
- On suppose le problème plan.
- On néglige les quantités d'accélération.

Travail demandé :

Déterminer graphiquement le glisseur associé à l'action \mathcal{C}_B {Actionneur linéaire →levier (40)} dans la position de la figure.

II – ETUDE CINEMATIQUE :

OBJECTIF : Déterminer la fréquence de rotation de l'arbre (18) [limiteur de couple] et de l'arbre moteur (22) sous charge, dans la position considérée.

Données:

- On rappelle que le constructeur donne la vitesse de sortie du tube-écrou (9) par rapport au corps (7) de l'actionneur sous charge : $\|\vec{V}_{B \in 9/7}\| = 7 \text{ mm.s}^{-1}$ dans la position considérée.
- Plan d'ensemble, nomenclature (document 1, document 2, document 3).

Travail demandé:

- II – 1 – Déterminer la fréquence de rotation sous charge de la vis (10) $\omega_{10/7}$.
- II – 2 – Déterminer la fréquence de rotation sous charge de l'arbre (18) supportant le limiteur de couple $\omega_{18/7}$.
- II – 3 – Déterminer la fréquence de rotation sous charge de l'arbre moteur (22) $\omega_{22/7}$.

III – ETUDE DYNAMIQUE :

OBJECTIF : Déterminer le couple maximal transmissible par le limiteur de couple monté sur l'arbre (18) pour assurer l'ouverture de la porte. En déduire le couple de réglage.

Données :

- Plan d'ensemble, nomenclature (document 1, document 2).
 - Le fabricant de l'actionneur linéaire veut que la charge maximale certifiée (en poussant ou en tirant) soit égale à 12600 N.
- Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra pour la suite des calculs :

♦ Fréquence de rotation de l'arbre (18) : $\omega_{18/7} = 253,5 \text{ tr.min}^{-1}$.

♦ Effort exercé par le levier (40) sur l'actionneur linéaire :
 $\vec{F}_{40/\text{actionneur}} = 12600 \text{ N}$.

- Vitesse de sortie du tube-écrou (9) par rapport au corps (7) : $\|\vec{V}_{B \in 9/7}\| = 7 \text{ mm.s}^{-1}$.
- Rendement du système vis (10) – écrou (9) : $\eta_1 = 0,4$.
- Rendement d'un engrenage cylindrique à denture droite : $\eta_2 = 0,98$.
- Rendement d'un guidage en rotation (sur coussinet ou roulement) : $\eta_3 = 0,98$.
- Rendement d'un guidage en translation sur coussinets : $\eta_4 = 0,96$.

Travail demandé :

III – 1 – Déterminer la puissance nécessaire sur la chape mobile (16) pour la position considérée.

III – 2 – Déterminer la puissance nécessaire sur la roue dentée (25) pour la position considérée.

III – 3 – Déterminer le moment du couple maximal que doit transmettre le limiteur de couple pour la position considérée.

III – 4 – Pour assurer l'ouverture de la porte dans les conditions réelles (vent, etc...) en toute sécurité, le constructeur prévoit de majorer le couple maximal de déclenchement du limiteur de couple de 75 %. Déterminer dans ces conditions le couple de déclenchement réel du limiteur.

IV- REGLAGE DU LIMITEUR DE COUPLE :

OBJECTIF : Déterminer la flèche des rondelles élastiques (8) et le couple de serrage de l'écrou (30) permettant d'obtenir le couple de déclenchement réel du limiteur.

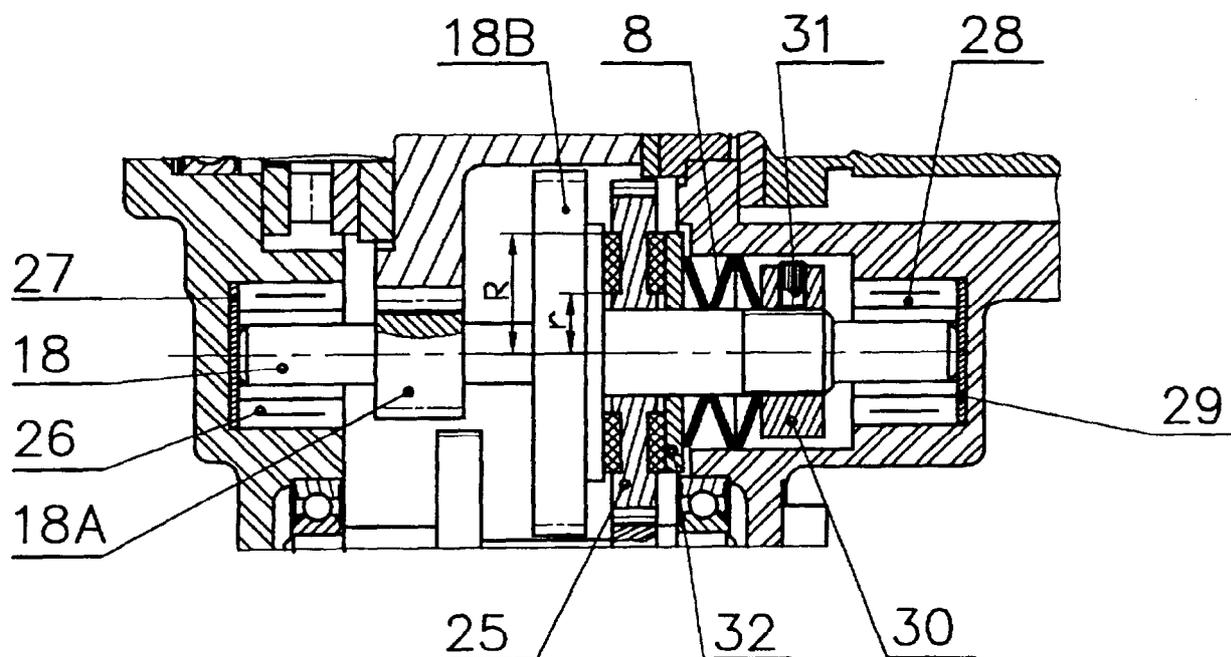
Données :

- Plan d'ensemble, nomenclature (document 1, document 2).
- Document ressource.
- Quelle que soit la valeur trouvée précédemment, on adoptera pour la suite de l'étude :

Couple de déclenchement réel du limiteur = 16,5 N.m

- On néglige le couple résistant dû au frottement écrou (30) – rondelle élastique (8).

- Caractéristiques des surfaces de friction (18B) - (25) - (32): $r = 7$ mm, $R = 15$ mm, coefficient d'adhérence $f_{18B/25} = f_{32/25} = 0,2$.



- Caractéristiques des rondelles élastiques (8): montage mixte (2 rondelles sont montées en parallèle), nombre total de rondelles = 6. Dimensions des rondelles : $d = 12,2$ mm, $D = 23$ mm, $e = 1,25$ mm, $H = 0,6$ mm, charge correspondant à $0,75H = 2380$ N.

- Caractéristiques du système vis (18) - écrou (30) : M10x1, coefficient de frottement $f_{18/30} = 0,1$, demi-angle au sommet des filets $\beta = 30^\circ$.

Travail demandé :

IV - 1 - Déterminer l'effort normal nécessaire entre les disques de friction (18B)-(25)-(32) pour obtenir le couple de déclenchement réel du limiteur.

IV – 2 – Déterminer la flèche pour l'ensemble des 6 rondelles élastiques permettant d'obtenir l'effort normal nécessaire.

IV – 3 – Déduire du résultat précédent le nombre de tours que devra effectuer l'écrou (30) par rapport à la vis (18) pour obtenir la déformation des rondelles élastiques.

IV – 4 – Déterminer le couple de serrage de l'écrou (30) permettant d'obtenir la déformation des rondelles élastiques.

IV – 5 – Expliquer succinctement comment réaliser ce réglage, au montage de l'écrou (30) à l'atelier.

IV – 6 – Donner la fonction technique de la vis sans tête Hc (31).

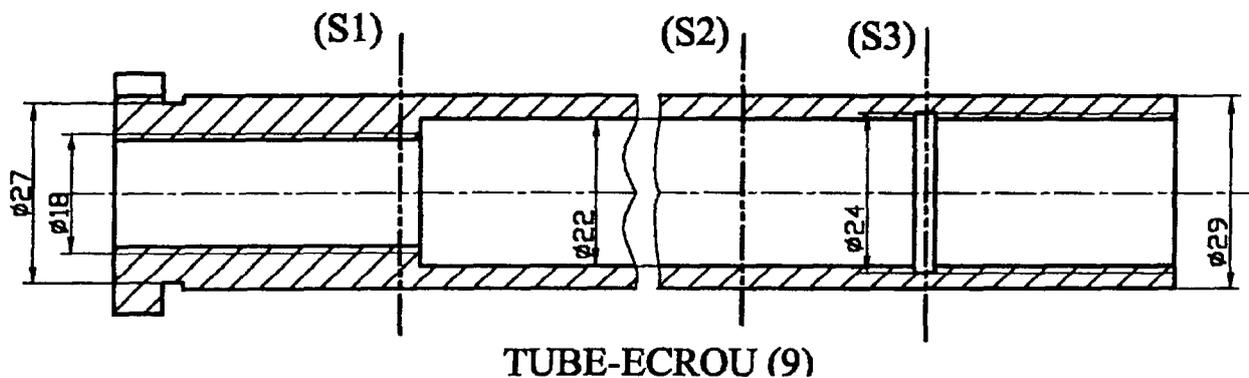
IV – 7 – Préciser le rôle des pièces (27) et (29).

V – RESISTANCE DES MATERIAUX :

OBJECTIF : Vérifier la résistance du tube-écrou (9) sous charge statique.

Données :

- Plan d'ensemble (document 1).
- On rappelle que le tube-écrou (9) doit pouvoir supporter à l'arrêt la charge maximale de 4500 daN.
- On se place dans la position « porte ouverte ».
- On a vérifié que le tube-écrou (9) ne subissait pas de flambage.
- Le tube-écrou (9) est réalisé avec un alliage métallique 42 Cr Mo 4 :
Re = 850 MPa.
- Coefficient de concentration de contrainte au fond des gorges : $k_{t1} = 2,2$.
- Coefficient de concentration de contrainte au fond des filets : $k_{t2} = 2,5$.



Travail demandé :

V – 1 – Déterminer la contrainte normale maximale dans les sections droites (S₁), (S₂), (S₃).

V – 2 – En déduire la région du tube-écrou (9) la plus sollicitée.

V – 3 – Déterminer le coefficient de sécurité.

V – 4 – Le tube-écrou (9) est réalisé avec un alliage métallique de désignation 42 Cr Mo 4 (ancienne désignation: 42 C D 4).

ON DONNE :

42 Cr Mo 4 (selon NF A 35-552) :

Composition chimique (valeurs normalisées en %) :

C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S
0,32-0,39	0,10-0,40	0,60-0,90	0,90-1,20	0,15-0,25	≤ 0,035	≤ 0,035

Dureté HB à l'état recuit doux HB max. 217

Dureté HB traité pour usinabilité améliorée HB max. 241

Dureté HB traité pour cisailage HB max.250

Caractéristiques mécaniques sur barres

Dimensions Diamètre d mm	Limite élastique (limite 0,2%) N/mm ² min.	Résistance à la Traction N/mm ²	Allongement A% min.	Résilience KCU (J/cm ²) min.
d ≤ 16	850	1080-1280	10	50
16 < d ≤ 40	770	980-1180	11	50
40 < d ≤ 100	700	880-1080	12	50
100 < d ≤ 160	650	830-1030	12	50
160 < d ≤ 250	600	780-930	13	50

Question : Donner la famille de cet alliage et expliciter ses principaux constituants.

Question : Expliquer simplement : A% ; KCU.

PARTIE B

Répondre sur le document réponse 4.

I – GRAPHE DE MONTAGE DU TROISIEME ETAGE :

Considérons le troisième étage de réduction du moto-réducteur.

On demande de tracer le graphe de montage de ce sous-ensemble, en tenant compte **seulement** des pièces identifiées sur le dessin (**document réponse 4**).

Le carter (7) est le composant choisi comme support de montage. Les bagues intérieures et extérieures des roulements à aiguilles (26) et (28) sont montées serrées.

II – DESSIN DE DEFINITION DU LEVIER (40) :

Considérons le levier (40) défini par 3 vues sur le **document réponse 4**.

On demande de compléter ce dessin de définition par la vue en coupe A-A, avec les arêtes cachées.

ETUDE STATIQUE

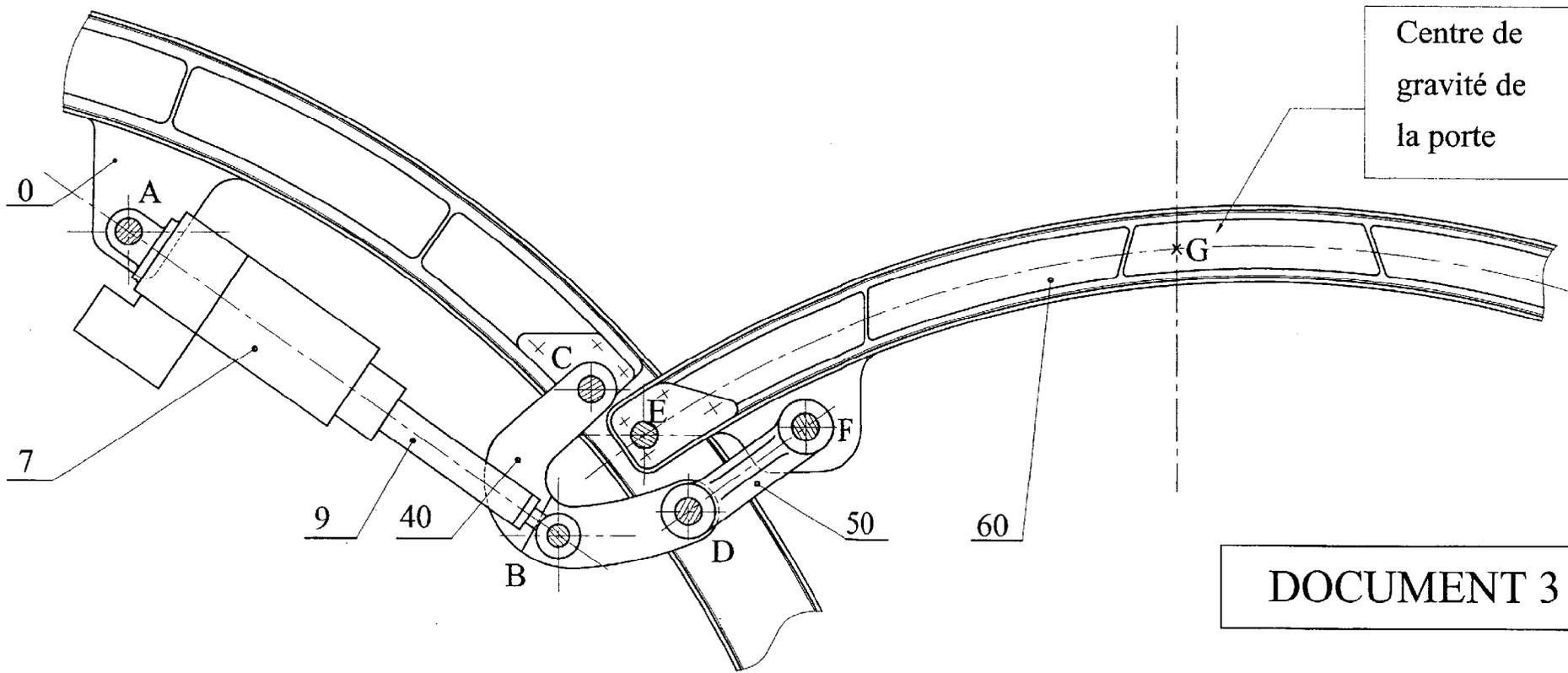
Echelle des longueurs:

Echelle 1:5

Echelle des forces:

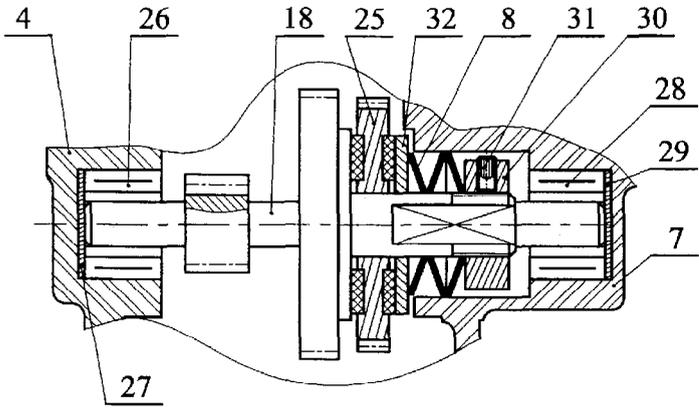
10 mm \rightarrow 400N

N°: _____
Prénom: _____
NOM: _____



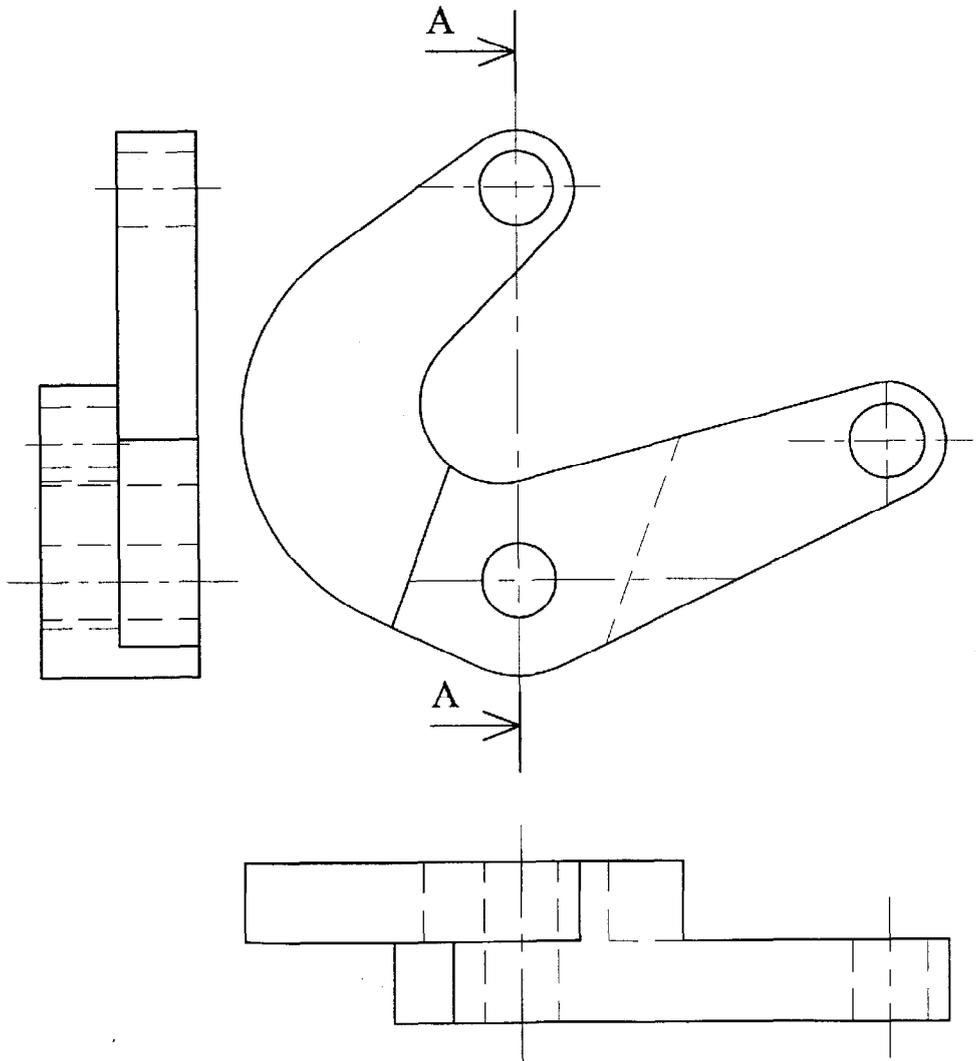
DOCUMENT 3

GRAPHE DE MONTAGE



Nombre	Repère	1	2	3	4	5

DESSIN DE DEFINITION DU LEVIER (40)



N°: Prénom: NOM:

A-A

MEMRMAT

DOCUMENT 4

DOSSIER RESSOURCE

CONTENU DU DOSSIER :

- Surfaces de friction planes: Page 1/2
- Système vis-écrou : Page 1/2
- Rondelles « Belleville » : Page 2/2

I – SURFACES FROTTANTES PLANES - EXPRESSION DU COUPLE D'ADHERENCE EN FONCTION DE L'EFFORT AXIAL:

$$C_{ad} = \frac{2}{3} n P f \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

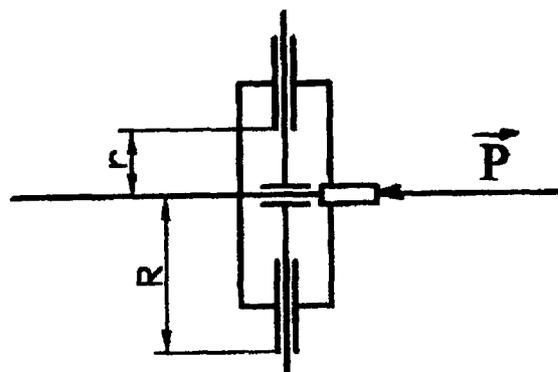
n = nombre de couples de surfaces frottantes,

P = effort axial uniformément réparti,

f = coefficient d'adhérence entre les surfaces de friction,

R = rayon extérieur de la couronne de friction,

r = rayon intérieur de la couronne de friction.



II – SYSTEME VIS-ECROU :

L'écrou progresse contre la charge axiale. Couple nécessaire pour produire le mouvement de l'écrou :

$$C = P r \frac{\tan \alpha + f \cos \alpha \sqrt{1 + \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta}}{1 - f \sin \alpha \sqrt{1 + \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta}}$$

C = Couple nécessaire pour produire le mouvement de rotation de l'écrou par rapport à la vis,

P = charge axiale sur l'écrou,

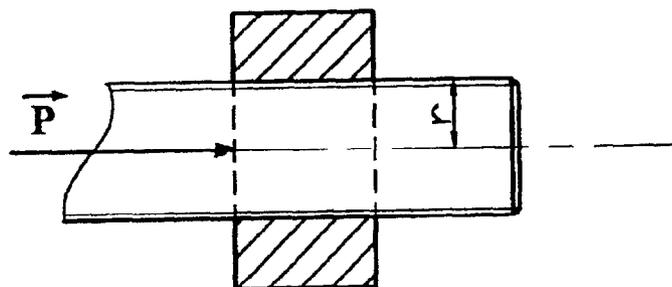
r = rayon du cylindre de l'hélice moyenne,

α = angle d'hélice moyenne,

$$\tan \alpha = \frac{pas}{2\pi r}$$

β = demi-angle au sommet du filet,

f = coefficient de frottement vis sur écrou.



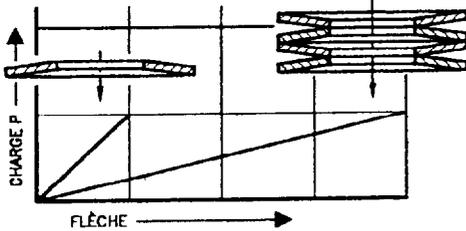
III – RONDELLES RESSORTS « BELLEVILLE » :**EXEMPLES D'APPLICATIONS**

Fig. 1

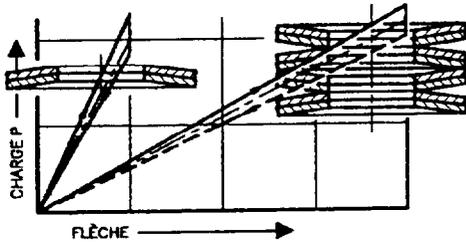


Fig. 2

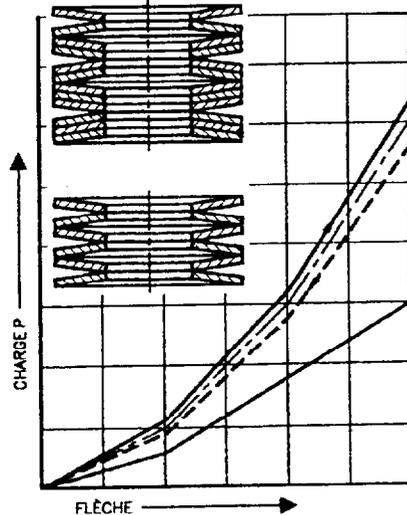


Fig. 3

Les rondelles élastiques dites « Belleville » sont des disques annulaires de forme tronconique chargés dans le sens axial. Elles sont utilisées :

1° Individuellement ou superposées en sens inverse (fig. 1).

2° Superposées dans le même sens ou superposées alternativement en sens inverse (fig. 2) :

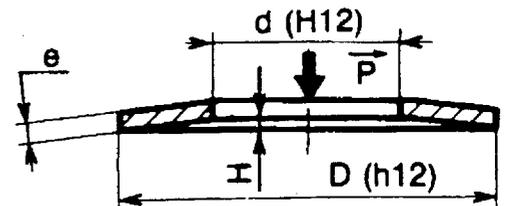
- Le montage dans le même sens (en parallèle) provoque l'addition des charges.

- Le montage en sens inverse provoque l'addition des flèches.

3° La combinaison des différentes épaisseurs permet l'obtention de ressorts à flexibilité variable (fig. 3).

Caractéristiques des rondelles élastiques :

d	10,2	10,2	12,2	12,2	12,2	14,2	14,2	16,3	16,3	18,3
D	20	20	25	23	23	28	28	31,5	31,5	35,5
e	0,9	0,8	1,5	1,25	1	1,5	1	1,75	1,25	2
H	0,55	0,55	0,55	0,6	0,6	0,65	0,8	0,7	0,9	0,8
P	107	76	298	238	122	290	113	395	195	529



Charge P en daN correspondant à 0,75H.

P est la charge maximale que peut supporter la rondelle.

P est proportionnel à la flèche f.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES

SESSION 2003

TECHNOLOGIE DES CELLULES ET SYSTEMES

Aucun document autorisé

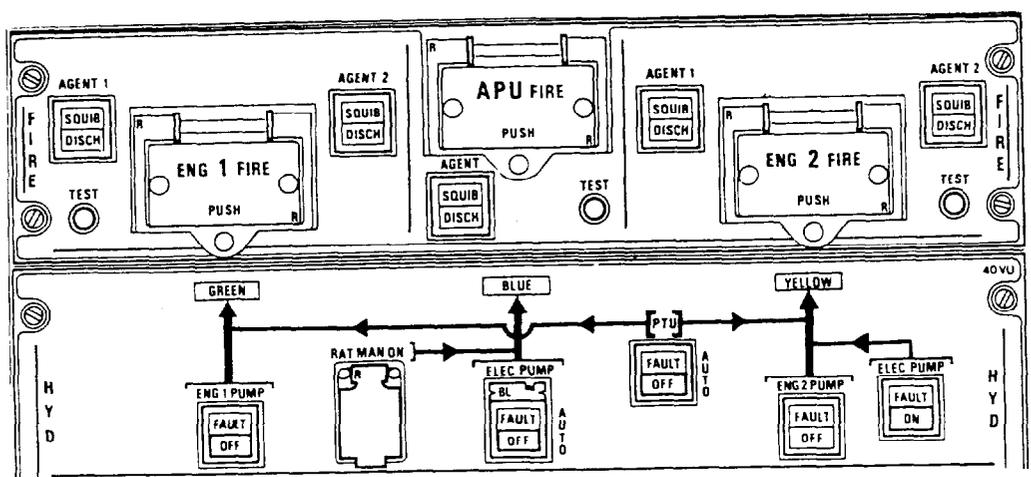
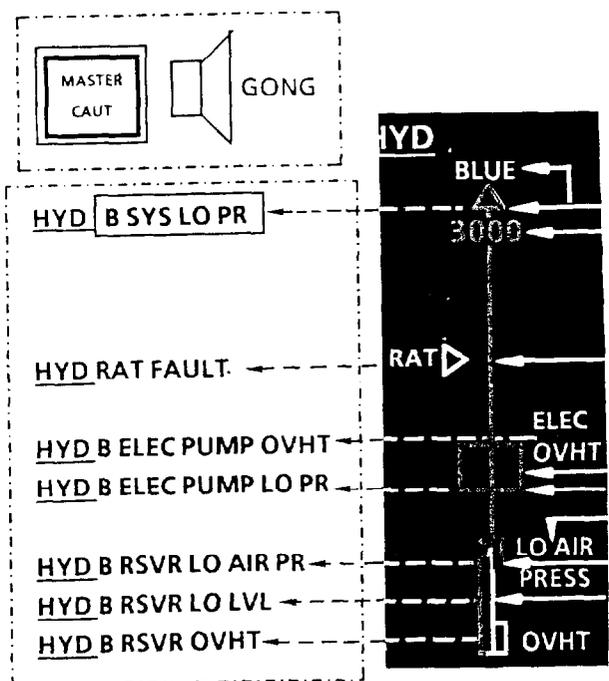
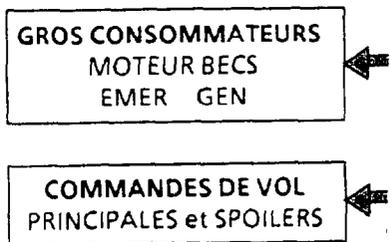
Durée : 2 heures

Coefficient : 3

.....
L'étude technologique qui suit porte sur le circuit hydraulique d'un avion.

- 1) Comment peut-on sur avion actuel manœuvrer les portes cargo ?
- 2) Enumérer les servitudes hydrauliques que l'on peut trouver sur avion actuel ?
- 3) Construire le schéma du circuit hydraulique « BLUE » associé aux commandes, contrôles et servitudes figurant sur l'annexe A.
- 4) S'agissant des liquides hydrauliques utilisés actuellement sur avions :
 - a) énumérer les différents types en précisant leur couleur.
 - b) Peut on les mélanger ? Justifier votre réponse.
- 5) Pourquoi et comment pressurise t'on les bâches hydrauliques ?
- 6) Quels sont les rôles d'un accumulateur dans le circuit hydraulique ? Présenter une procédure de gonflage.
- 7) Construire le schéma de principe d'une vanne de priorité. Expliquer succinctement son fonctionnement.
- 8) Construire le schéma de principe d'un groupe de transfert, justifier son intérêt dans un circuit hydraulique.
- 9) Répondre au questionnaire relatif au circuit BOEING 747- 400 figurant sur le document réponse ci-joint.

Annexe A



Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

DANS CE CADRE

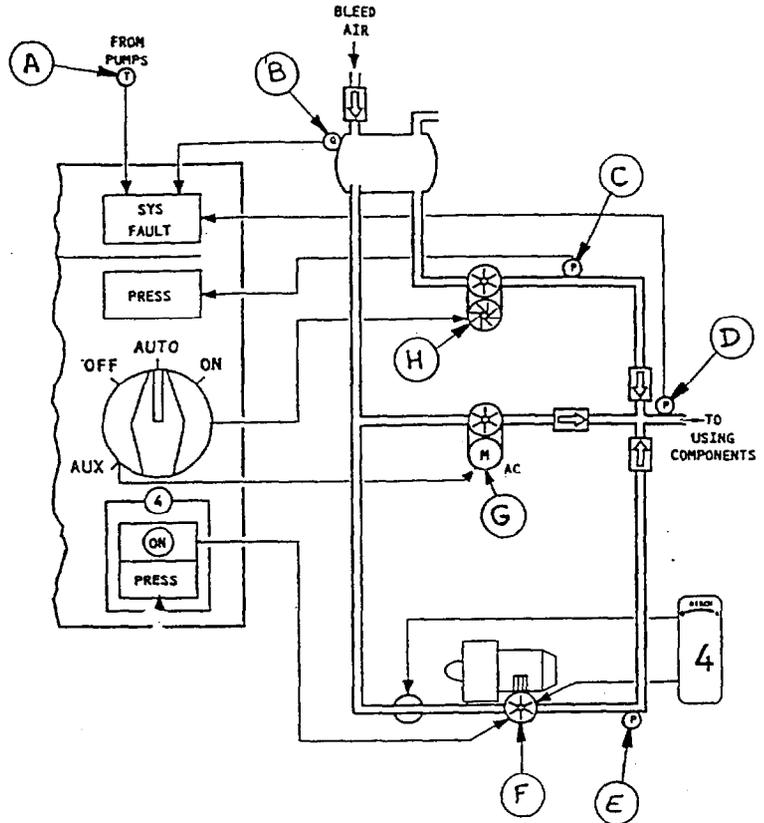
NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

DOCUMENT REPONSE

MEMRMAT

GENERATION HYDRAULIQUE
747 - 400



Concernant le circuit hydraulique ci-dessus :

→ La génération est assurée par une :
(Affecter le repère correspondant)

- EDP.....
- ADP.....
- ACP.....

→ La bête est du type :
(Rayer les réponses fausses)

- Auto-pressurisée
- Pressu -mécanique
- Pressu-pneumatique

→ Lorsque commandé par l'élément repéré le bouton poussoir PRESS s'allume, cela signifie que

→ Le voyant SYST FAULT s'allumera au cas ou :

(Rayer les réponses fausses)

- Baisse de pression refoulement EDP
- Surpression EDP
- Surchauffe liquide sortie pompes
- Baisse de niveau dans la bête
- Baisse de pression refoulement ADP
- Baisse de pression collecteur de pression

→ Le paramètre contrôlé en A concerne :