

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

**BTS MAINTENANCE ET EXPLOITATION  
DES  
MATERIELS AERONAUTIQUES**

**SESSION DE JUIN 2004**

**Epreuve : U4 : Mécanique et résistance des matériaux appliquées à la  
technologie des cellules et des systèmes**

**1<sup>ère</sup> partie : Mécanique et résistance des matériaux**

**Durée : 5h**

**Coefficient : 3**

**CORRIGE**

**Barème de correction :**

**Première partie :**

**A : / 5pts  
B : / 12 pts  
C : / 5pts**

**Deuxième partie :**

**A : / 6pts  
B : / 10 pts  
C : / 10pts**

**Troisième partie : / 12 pts**

**Total: / 60pts**

**La note sera ramenée à 20 pts et arrondie au ½ point supérieur.**

# CORRIGE

## 1<sup>ère</sup> partie

**Etude mécanique afin de déterminer certaines caractéristiques que devront posséder les vérins de recharge.**

**A - Détermination de l'effort minimum que devra exercer chaque vérin pour manœuvrer l'escalier en toute sécurité.**

( 5pts )

1- Montrer que, si 20 est en équilibre,  $\{\tau_{A/20}\}_{\text{en } D_1} = \{\tau_{B/20}\}_{\text{en } D_2}$  et  $\{\tau_{E_1 \text{ de } 0/20}\} = \{\tau_{E_2 \text{ de } 0/20}\}$ . Si vous n'arrivez pas à le démontrer, vous l'admettrez pour les questions suivantes.

( 1pt )

Le système matériel admet le plan  $0\bar{x}_{20}\bar{y}_{20}$  comme plan géométrique de symétrie. De plus le poids  $\bar{P}$  appartient à ce plan de symétrie, donc :

$$\{\tau_{A/20}\}_{\text{en } D_1} = \{\tau_{B/20}\}_{\text{en } D_2} \text{ et } \{\tau_{E_1 \text{ de } 0/20}\} = \{\tau_{E_2 \text{ de } 0/20}\}.$$

2-Etudiez l'équilibre de 20 à un instant  $t$  quelconque, et en déduire  $\bar{F}_{A/20}$  en fonction de  $\alpha$ .

( 3pts )

Système matériel étudié : l'escalier 20

Bilan des actions mécaniques extérieures :

$$L_{0/20} \text{ en } E_1 : \text{linéaire annulaire parfaite de centre } E_1 \text{ d'axe } E_1\bar{z}_0 \Rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{0/20 \text{ en } E_1} = \bar{F}_{0/20 \text{ en } E_1} \\ \bar{M}_{0/20 \text{ en } E_1} = \vec{0} \end{cases}$$

$$L_{0/20} \text{ en } E_2 : \text{linéaire annulaire parfaite de centre } E_2 \text{ d'axe } E_2\bar{z}_0 \Rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{0/20 \text{ en } E_2} = \bar{F}_{0/20 \text{ en } E_2} \\ \bar{M}_{0/20 \text{ en } E_2} = \vec{0} \end{cases}$$

$$L_{A/20} \text{ en } D_1 : \text{linéaire annulaire parfaite de centre } D_1 \text{ d'axe } D_1\bar{z}_0 \Rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{A/20} = \bar{F}_{A/20} \\ \bar{M}'_{D_1} = \vec{0} \end{cases}$$

$$L_{B/20} \text{ en } D_2 : \text{linéaire annulaire parfaite de centre } D_2 \text{ d'axe } D_2\bar{z}_0 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \bar{S}_{B/20} = \bar{F}_{B/20} \\ \bar{M}'_{D_2} = \vec{0} \end{cases}$$

$$\text{Poids} \Rightarrow \begin{cases} \bar{S} = -2500\bar{y}_0 \\ \bar{M}'_G = \vec{0} \end{cases}$$

Théorème fondamental de la statique :

$\underline{z}$  en équilibre  $\Rightarrow \{r_{AME}\} = \{\vec{0}\}$ . D'où :

$$\sum \vec{M}_{\text{axe } O\vec{z}_2}^i = \vec{0}. \text{ D'où l'équation :}$$

$$2.114.F_{A/20} - 2500.1200 \cos\alpha = 0$$

$$F_{A/20} = 13158. \cos\alpha$$

**3 – Pour quelle valeur de  $\alpha$   $\vec{F}_{A/20}$  aura une norme maximale ? En déduire cette valeur maximale c'est-à-dire quelle sera la valeur minimum de l'effort que devra exercer le vérin pour monter l'escalier en toute sécurité.**

( 1pt )

Le maxi de  $\cos\alpha$ ,  $\alpha$  variant de  $-38^\circ$  à  $+22^\circ$  est 1 !!! D'où :

$$F_{A/20} \text{ mini} = 13158\text{N}$$

**B- Détermination de la pression minimum que devra exercer le fluide hydraulique sur la tige de piston 2 du vérin pour monter l'escalier en toute sécurité. Calcul du réglage du tarage du clapet de surpression du circuit hydraulique alimentant les vérins.**

( 12 pts )

**1-Définir le sens de  $X_A$  et de  $X_B$**

( 1pt )

Mouvement 2/1 avec glissement, donc  $X_A$  doit s'opposer à  $\vec{V}_{2/1}^A$  et  $X_B$  doit s'opposer à  $\vec{V}_{2/1}^B$ .

$X_A$  est donc positif sur l'axe  $\bar{x}_1$ , phase de montée de l'escalier

$X_B$  est donc positif sur l'axe  $\bar{x}_1$ , phase de montée de l'escalier

**2- Exprimer  $X_A$  en fonction de  $Y_A$  et  $X_B$  en fonction de  $Y_B$**

(1pt)

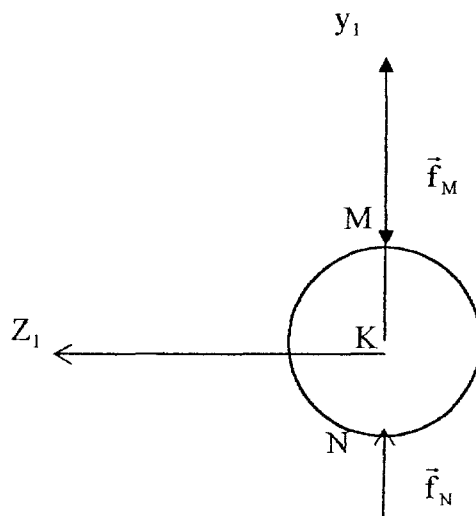
Action de contact lors d'un mouvement de glissement :

$$- X_A = \mu \cdot Y_A = 0,46 Y_A$$

$$- X_B = \mu \cdot Y_B = 0,46 Y_B$$

**3- En isolant un tronçon de longueur  $dx$  tendant vers 0 de la tige du vérin, montrer que le torseur  $\{\tau_1\}$  est un torseur nul.**

( 4 pts )



Considérons un point M. La pression  $p$  engendre en M une force  $\vec{f}_M = \bar{p} ds$  telle que le

torseur associé admet comme éléments de réduction en K 
$$\begin{cases} \vec{f}_M = - p ds \bar{y}_1 \\ \vec{M}_K = \vec{0} \end{cases}$$

Considérons le point N symétrique de M par rapport à K. La pression p engendre une force  $\vec{f}_N = \bar{p} ds$  telle que le torseur associé admet comme éléments de réduction en K

$$\begin{cases} \vec{f}_N = + p ds \vec{y}_1 \\ \vec{M}_K^t = \vec{0} \end{cases}$$

Considérons maintenant le torseur associé à  $\vec{f}_M$  et à  $\vec{f}_N$ . Ses éléments de réduction en K seront :

$$\begin{aligned} \vec{S} &= \vec{0} \\ \vec{M}_K^t &= \vec{0} \end{aligned}$$

Considérons le torseur associé à l'ensemble des  $\vec{f}_M$  pour tous les points M appartenant au système étudié. Ses éléments de réduction en K seront :

$$\begin{aligned} \vec{S} &= \sum \vec{f}_M \\ \vec{M}_K^t &= \sum \vec{M}_{\vec{f}_M/K}^t \end{aligned}$$

Pour effectuer cette somme, il suffit de considérer les points symétriques par rapport à K :

$$\begin{aligned} \vec{S} &= \vec{0} + \vec{0} + \vec{0} + \dots = \vec{0} \\ \vec{M}_K^t &= \vec{0} + \vec{0} + \vec{0} + \dots = \vec{0} \end{aligned}$$

La tige du vérin étant composée d'une série de tronçons de longueur dx, on peut donc en déduire que le torseur  $\{\tau_1\}$  est un torseur nul !!!!

**4 - Montrer que le torseur  $\{\tau_2\}$  est un glisseur tel que  $\begin{cases} \vec{S}_2 = -F_C \vec{x}_1 \\ \vec{M}_C^t = \vec{0} \end{cases}$ , exprimer  $F_C$  en fonction de p**

( 1 pt )

$$F_C = p \cdot \Pi \cdot (25^2 - 20^2) = 706,86 \cdot p$$

**5- Etudier l'équilibre de la tige du vérin, et en déduire la valeur de p, que vous exprimerez en PSI**

( 4 pts )

Système matériel étudié : La tige 1

Bilan des actions mécaniques extérieures :

$$l_{1/2} \text{ en A : linéaire annulaire de centre A d'axe } A\vec{x}_1 \text{ avec glissement} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0,46Y_A & | & 0 \\ Y_A & | & 0 \\ 0 & | & 0 \end{pmatrix}_{A\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1}$$

$$I_{1/2} \text{ en B : linéaire annulaire de centre B d'axe } B\bar{x}_1 \text{ avec glissement} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0,46Y_B & | & 0 \\ Y_B & | & 0 \\ 0 & | & 0 \end{pmatrix}_{B\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

$$\text{Action mécanique due à la pression du fluide hydraulique} \Rightarrow \begin{pmatrix} -706,86p & | & 0 \\ 0 & | & 0 \\ 0 & | & 0 \end{pmatrix}_{C\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

$$\text{Action mécanique exercée par l'escalier} \Rightarrow \begin{pmatrix} +13158 & | & 0 \\ 0 & | & 0 \\ 0 & | & 0 \end{pmatrix}_{D\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

$$\text{Poids de la tige} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0,906 \times 37 = 33,53 & | & 0 \\ -0,422 \times 37 = -15,63 & | & 0 \\ 0 & | & 0 \end{pmatrix}_{G\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

Théorème fondamental de la statique :

$$\underline{2} \text{ en équilibre} \Rightarrow \{\tau_{AME}\} = \{\vec{0}\}.$$

Traduisons cette condition en A dans le repère  $A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1$

$$\begin{pmatrix} 0,46Y_A \\ Y_A \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1} + \begin{pmatrix} 0,46Y_B \\ Y_B \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 175Y_B \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1} + \begin{pmatrix} -706,86p \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1} + \begin{pmatrix} +13158 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1} + \begin{pmatrix} 33,53 \\ -15,63 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2360,13 \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{A\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

$$Y_B = 13,48$$

$$Y_A = 2,15$$

$$p = 18,67 \text{ MPa} = 2707 \text{ PSI}$$

**6 – Quelle devra être la pression de tarage du clapet de surpression exprimée en PSI ?**

**( 1pt )**

pression de tarage :  $2707 \times 1,1 = 2978 \text{ PSI}$



**C- Détermination des caractéristiques du matériau de la tige de piston 2 du vérin. Déterminer le réglage du débit du fluide hydraulique pour la montée de l'escalier.**  
( 5pts )

**1- Sans tenir compte du phénomène de concentration de contrainte, quelle est la section la plus sollicitée ? Définir la répartition des contraintes et en donner les valeurs.**  
( 1pt )

Les contraintes sont des contraintes normales uniformément réparties dans toute la section :

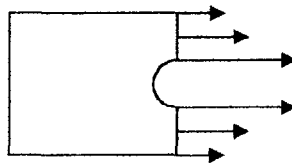
$$\sigma = + \left| \frac{N}{S} \right|$$

Or quel que soit  $x_1$ , N est constant. La section la plus sollicitée sera celle pour laquelle S sera minimum. Donc la section d'abscisse  $x_1 = + 320$  mm

$$\sigma = + \frac{13158}{10(36 - 20)} = + 82,23 \text{ MPa}$$

**2- En tenant compte du phénomène de concentration de contrainte, déterminer la valeur des contraintes maxi en précisant à quels endroits elles auront lieu. En déduire la valeur minimale de la résistance élastique à l'extension que devra avoir le matériau.**

( 2,5pts )



$$\left. \begin{array}{l} \frac{H}{l} = 0,55 \\ \frac{d}{l} = 0,55 \end{array} \right\} \Rightarrow K_t = 2,5 \Rightarrow \sigma_{\text{Max}} = + 82,23 \cdot 2,5 = + 205,6 \text{ MPa}$$

$$\text{D'où : } R_e \geq 205,26 \times 1,5 = 309 \text{ MPa}$$

**3- Déterminer, en mm/s, la vitesse de rentrée de la tige du vérin**

( 0,5pt )

Mouvement de translation rectiligne uniforme

$$V = 250 : 10 = 25 \text{ mm/s}$$

**4- En déduire, en litre/minute, le réglage du débit du fluide hydraulique que nous devons afficher pour que ce mouvement ait lieu.**

( 1pt )

Volume de fluide nécessaire par seconde :  $V = 25 \cdot 706,86 = 16671,5 \text{ mm}^3/\text{s}$ , soit 1litre/mn

Le circuit alimente les deux vérins :

Réglage du débit : 2litre/mn