

**BTS MAINTENANCE ET EXPLOITATION
DES
MATERIELS AERONAUTIQUES**

SESSION DE JUIN 2006

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

1^{ère} partie : Mécanique et résistance des matériaux

Durée : 5h

Coefficient : 3

Matériels autorisés :

- Calculatrice réglementaire
- Matériel habituel du dessinateur
- Tous documents autorisés

Ce dossier comprend :

- un dossier « texte du sujet »
- un dossier « documents techniques »
- un dossier « documents réponses »

Avant de commencer l'épreuve, les candidats sont invités :

- à vérifier que le dossier est complet
- à lire tout le sujet

Nota : Les candidats sont invités à formuler les hypothèses qu'ils jugeront nécessaires

**BTS MAINTENANCE ET EXPLOITATION
DES
MATERIELS AERONAUTIQUES**

SESSION DE JUIN 2006

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

1^{ère} partie : Mécanique et résistance des matériaux

Durée : 5h

Coefficient : 3

TEXTE DU SUJET

Ce dossier comporte 8 pages numérotées de 1 à 8

Le sujet comporte 4 parties indépendantes :

1^{ière} Partie : étude statique et cinématique
joindre les documents réponses **DR1, DR2, DR3 et DR4**

2^{ième} Partie : étude de résistance des matériaux
joindre le document réponse **DR5**

3^{ième} Partie : étude de résistance des matériaux
joindre le document réponse **DR6**

4^{ième} Partie : dessin en perspective à main levée
joindre le document réponse **DR7 ou DR8**

Toutes les réponses devront être justifiées

Afin de faciliter la correction, rédiger les parties 1, 2 et 3 sur des copies différentes

Les documents réponses DR1 à DR6 seront insérés dans les copies

PREMIERE PARTIE

Vous travaillez dans un atelier de maintenance d'atterrisseurs, on vous demande de choisir le vérin hydraulique actionnant le train d'atterrissage avant d'un avion dont la cellule est repérée **1** dans l'ensemble du sujet.

Les parties statique I-A et cinématique I-B peuvent être traitées indépendamment

HYPOTHESES et DONNEES: (voir document 1)

- (A x_1 y_1 z_1) repère lié à la cellule **1**
- (A x_2 y_2 z_2) repère lié à la jambe **2**
- (B x_3 y_3 z_3) repère lié au bras **3** de contre fiche
- On considère que le bras **4** de contre fiche et le cardan **8** sont en liaison encastrement
- Mécanisme plan dans le plan (A, x_1 , y_1), soit : $z_1 = z_2 = z_3 = z$
- Liaisons :
 - Liaison **1- 2** : pivot d'axe (A, z)
 - Liaison **1- 3** : pivot d'axe (B, z)
 - Liaison **2- 4** : pivot d'axe (C, z)
 - Liaison **2- 6** : pivot d'axe (D, z)
 - Liaison **3- 4** : pivot d'axe (E, z)
 - Liaison **3- 5** : pivot d'axe (F, z)
 - Liaison **5- 6** : pivot glissant suivant FD

I-A ETUDE STATIQUE : (voir documents 1 et 2)

But de l'étude : Déterminer l'effort produit par le vérin 5+ 6 pour rentrer l'atterrisseur.

Il est conseillé de traiter les questions I-A-3 à I-A-5 graphiquement sur le document réponse DR1

Hypothèses et données:

- Etude statique en phase de rentrée du train avant, dans la position représentée sur le document 2 ($\theta = 0^\circ$) et sur le document réponse DR1
- Les liaisons pivots sont supposées parfaites
- Le poids propre des pièces est négligé, sauf pour la jambe **2** et les roues **7**

- La résistance de l'air est négligée

Poids de l'ensemble des roues **7** : $\vec{P}_7 = -380 \vec{y}_1$ (N) en G_7

Poids de la jambe **2** : $\vec{P}_2 = -970 \vec{y}_1$ (N) en G_2

Poids de l'ensemble jambe **2** et roues **7** en G_{2+7}

Notation du torseur associé à l'action mécanique exercée en A par le solide i sur le solide j :

$$\{T_{i \rightarrow j}\}_A = \begin{array}{c} \vec{A}_{i \rightarrow j} \\ \vec{M}_{A_{i \rightarrow j}} \end{array} \Big|_A = \begin{array}{cc} x_{ij} & L_{ij} \\ y_{ij} & M_{ij} \\ z_{ij} & N_{ij} \end{array} \Big|_A \text{ } x_1 y_1 z_1$$

Questions posées :

I-A-1 Etudier l'équilibre du bras **4** de contre fiche. En déduire l'axe des glisseurs $\{T_{2 \rightarrow 4}\}_C$ et $\{T_{3 \rightarrow 4}\}_E$ associés aux actions mécaniques exercées en E et C.

I-A-2 Etudier l'équilibre du vérin ensemble $\{5 + 6\}$. En déduire l'axe des glisseurs $\{T_{2 \rightarrow 5+6}\}_D$ et $\{T_{3 \rightarrow 5+6}\}_F$ associés aux actions mécaniques exercées en D et F.

I-A-3 Etudier l'équilibre du bras **3** de contre fiche. En déduire l'axe du glisseur $\{T_{1 \rightarrow 3}\}_B$ associé à l'action mécanique exercée en B.

I-A-4 Etudier l'équilibre de l'ensemble $\{2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7\}$, en déduire les actions mécaniques $\{T_{1 \rightarrow 3}\}_B$ et $\{T_{1 \rightarrow 2}\}_A$ exercées en A et B.

I-A-5 Etudier l'équilibre du bras **3** de contre fiche. En déduire l'action mécanique $\{T_{5 \rightarrow 3}\}_F$ exercée en F par le corps **5** du vérin sur le bras **3** de la contre fiche.

I-A-6 Parmi les trois positions de l'atterrisseur $\theta = 0^\circ$, $\theta = 45^\circ$ et $\theta = 90^\circ$ représentées sur le document 2, la position: $\theta = 0^\circ$ a été retenue pour l'étude statique précédente qui conduit au dimensionnement du vérin $\{5 + 6\}$, justifier ce choix en tenant compte du poids \vec{P}_{2+7} et de la position du centre de gravité G_{2+7} de l'ensemble jambe **2** roues **7** par rapport à l'articulation d'axe Az entre la jambe **2** et la cellule **1**.

I-B ETUDE CINEMATIQUE : (voir document 1)

But de l'étude : Déterminer la puissance du vérin en phase de rentrée du train avant

Il est conseillé de traiter les questions I-B-1, I-B-4 à I-B-6 graphiquement sur les documents réponses DR2, DR3 et DR4

Hypothèses et données:

- Vitesse du point G7 dans la position de la figure document DR2 ,
 $V_{G7/2/1} = 0,08 \text{ m.s}^{-1}$, représentée sur DR2 à l'échelle $1 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ mm.s}^{-1}$
- Quel que soit le résultat de la question I-A-5, vous prendrez $\|D_{6 \rightarrow 2}\| = 11100 \text{ N}$

Questions posées

I-B-1 Déterminer le vecteur vitesse $\vec{V}_{D/2/1}$ à partir de $\vec{V}_{G7/2/1}$, par construction graphique sur le document réponse DR2

I-B-2 Définir le support du vecteur vitesse $\vec{V}_{D/1/3}$

I-B-3 Démontrer, en utilisant le théorème des trois pivots (encore appelé théorème des trois plans glissants) à partir des mouvements des solides **1**, **2**, **3** et **4**, que le CIR I 2-3 du mouvement du bras **3** de contre fiche par rapport à la jambe **2** est à l'intersection des droites AB et CE, si vous n'arrivez pas à le démontrer, vous l'admettez pour les questions suivantes.

I-B-4 Définir le support du vecteur vitesse $\vec{V}_{D/2/3}$, écrire la composition des vecteurs vitesses en D entre les solides **1**, **2** et **3**, déterminer $\vec{V}_{D/2/3}$ par construction graphique sur le document réponse DR3.

Quel que soit le résultat de la question I-B-4, vous prendrez $\|\vec{V}_{D/2/3}\| = 0,233 \text{ m.s}^{-1}$ représenté sur le document réponse DR3

I-B-5 Définir le vecteur vitesse $\vec{V}_{D/6/2}$ et définir le support du vecteur vitesse $\vec{V}_{D/3/5}$

I-B-6 Ecrire la composition des vecteurs vitesses en D entre les solides **2**, **3**, **5** et **6**, en déduire le vecteur vitesse $\vec{V}_{D/2/3}$ par construction graphique sur le document réponse DR4

I-B-7 Déterminer la puissance du vérin à l'instant correspondant à cette position.

DEUXIEME PARTIE

Le remorquage de l'avion est effectué par accrochage sur la jambe **2** de l'atterrisseur avant. On vous demande d'étudier le comportement de l'articulation de la jambe **2** sur le bras **4** de contre fiche dans les conditions les plus extrêmes .

L'articulation représentée sur le Document 3, est réalisée par une rotule **14** ajustée serrée dans le bras **4** de contre fiche, centrée sur l'axe creux **15** et positionnée par les cales **11**. L'arrêt axial de l'articulation est réalisé par la vis **12**, l'écrou **16** et les rondelles **10**, l'écrou **16** est stoppé par la goupille fendue **13**.

Etude de résistance des matériaux

Les parties II-A et II-B peuvent être traitées indépendamment

II-A ETUDE de la VIS 12 : (voir document 3)

But de l'étude : Vérification de l'effort de serrage de la vis 12

Hypothèses et données:

- Après la mise en contact de la vis **12** sur la rondelle **10** et sur la jambe **2** côté gauche, puis de l'écrou **16** sur la rondelle **10** et sur la jambe **2** côté droit, le serrage au couple de 270 N.m est réalisé par une rotation de 1/6 de tour de l'écrou **16** sur la vis **12**. Après serrage de l'écrou **16**, la vis **12** est soumise à une sollicitation de traction
- Vis **12** :
 - Filetage M12 à pas fin de 1mm
 - Acier nuance X30Cr13
 - Module d'élasticité $E = 2 \cdot 10^5$ MPa
- Les pièces **2**, **10**, **11**, **14** et **16** seront supposées indéformables
- La vis **12** sera assimilée à un cylindre de diamètre 10 mm

Questions posées

II-A-1 Calculer l'allongement de la vis **12** du au serrage de l'écrou **16**.

II-A-2 Relever sur le document **3** ou sur le document réponse DR5, la longueur de la vis **12**. qui subira la déformation, en déduire l'effort de serrage réalisé par l'écrou **16**.

II-A-3 Justifier les formes de la vis **12** dans les zones repérées A et B sur le document DR5.

II-B ETUDE de l'AXE 15 :**But de l'étude : Vérifier la résistance de l'axe 15****Hypothèses et données:**

- Axe creux **15** :
 - Acier nuance X30Cr13
 - Limite élastique de glissement $R_{pg} = 750 \text{ MPa}$
- La norme de l'effort maximal supporté par l'articulation E 2→4 est de 680000 N

Questions posées ;II-B-1 A quel type de sollicitation l'axe creux **15** est il soumis ?

II-B-2 Indiquer sur le document DR5 les sections sollicitées.

II-B-3 Calculer la contrainte.

TROISIEME PARTIE

En cas d'atterrissage brutal, l'amortisseur intégré dans la jambe **2** permet de soulager la structure en absorbant l'énergie du choc sur l'atterrisseur avant.

L'amortisseur utilisé représenté document 4 et 5, est de type oléopneumatique, gonflé à l'azote pour la partie ressort, et utilisant l'huile pour la partie amortisseur. Il se compose principalement d'un tube plongeur **21** et d'une tige coulissante **23**

Etude de résistance des matériaux

III- ETUDE DE L'AMORTISSEUR: (voir documents 3, 4)

But de l'étude : Vérifier la résistance et la déformation du tube plongeur 21

Hypothèses et données:

- Diagramme de l'amortisseur sur le document DR6
- Expressions des contraintes σ_T (transversale) ou σ_L (longitudinale) sur le document DR6
- $1\text{PSI} = 6,894 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$
- Le tube plongeur **21** de l'amortisseur a un diamètre intérieur $d = 70\text{mm}$, et une épaisseur $e = 3,5 \text{ mm}$, c'est une enveloppe cylindrique mince.
- Le tube plongeur **21** est en acier X30Cr13, module d'élasticité $2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$.

Questions posées

III-1 Relever et indiquer sur le diagramme du document DR6 le tracé permettant de définir la pression maximale à l'intérieur de l'amortisseur, lorsque la distance D est de 1,5 pouce (38,1mm). Calculer sa valeur en MPa.

III-2 Choisir l'expression σ_T (transversale) ou σ_L (longitudinale) de la contrainte normale déterminante pour le calcul de la résistance de l'enveloppe du tube plongeur **21**. Calculer cette contrainte.

QUATRIEME PARTIE

Le document 6 représente le dessin du bras **4** de contre fiche en trois vues à l'échelle 1 : 2

Question posée :

Représentez le bras **4** de contre fiche en perspective, à main levée, à l'échelle de votre choix, soit en perspective isométrique sur le document DR7, soit en perspective cavalière sur le document DR8

Vous respecterez le système d'axe donné sur le document 6 et sur les documents réponses DR7 et DR8