



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

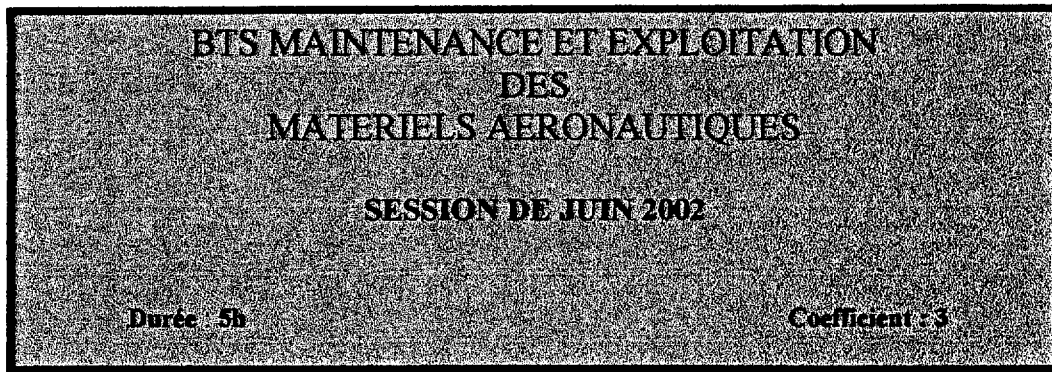
1^{ère} partie : Mécanique et résistance des matériaux

Matériels autorisés :

- Calculatrice réglementaire
- Guide du dessinateur
- Guide du calcul en mécanique
- Matériel habituel du dessinateur
- Tous documents autorisés

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

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



TEXTE DU SUJET

Ce dossier comporte 10 pages numérotées de 1 à 10

THEME DU SUJET

Vous venez d'être nommé responsable de la maintenance des mécanismes de commande de vol d'un avion civil en fin de potentiel d'exploitation.

Pour cela, votre employeur vous demande d'être capable :

- de comprendre le fonctionnement de ces mécanismes.
- d'être capable de prévoir le remplacement des pièces défectueuses qui ne seraient plus disponibles en stock.

Nous nous proposons, à titre d'exemple, de répondre partiellement à ces critères pour un mécanisme de commande de bec d'aile.

Le sujet comprend trois parties qui pourront être traitées d'une manière indépendante :

Première partie :

Etude cinématique partielle du mécanisme de manœuvre de bec d'aile interne.

Deuxième partie :

Remplacement du ressort du limiteur de couple

Troisième partie :

Remplacement de la came 2. (Dessin uniquement).

Afin de faciliter la correction, il vous est demandé de rédiger ces trois parties sur des copies différentes que vous insérerez dans une copie générale.

TOUTES LES REponses DEVront ETRE JUSTIFIEES

PREMIERE PARTIE

 Etude cinématique partielle du mécanisme de manœuvre de bec d'aile interne

Le DOCUMENT I définit le schéma global de l'installation des mécanismes des becs d'ailes.

Le DOCUMENT II donne une explication de ce schéma.

Le DOCUMENT III définit le schéma cinématique du mécanisme de manœuvre de bec d'aile interne.

Ce mécanisme est composé de :

- Bord d'attaque fixe **0**
- Porte-biellette **1**
 - Liaison $l_{1/0}$: Pivot d'axe $A\bar{z}_0$
- Bielle **2**
 - Liaison $l_{2/0}$: Pivot d'axe $B\bar{z}_0$
- Corps du vérin à vis **3**
 - Liaison $l_{3/2}$: Pivot d'axe $C\bar{z}_0$
- Tige du vérin à vis **4**
 - Liaison $l_{4/3}$: Hélicoïdale d'axe la tige du vérin
 - $\vec{V}_{4/3}^D$ est représenté sur le DOCUMENT III à l'échelle : $2,5\text{cm} \Leftrightarrow 5\text{cm/s}$
- Galet **5A**
 - Liaison $l_{5A/0}$: Pivot d'axe $E\bar{z}_0$
 - Liaison $l_{5A/6}$: Ponctuelle en F
 - Le mouvement **5A/6** est un mouvement de roulement sans glissement
- Galet **5B**
 - Liaison $l_{5B/0}$: Pivot d'axe $G\bar{z}_0$
 - Liaison $l_{5B/6}$: Ponctuelle en H
 - Le mouvement **5B/6** est un mouvement de roulement sans glissement
- Bec d'aile interne plus rail **6**
 - Le rail est un profilé en I . Les galets **5A** et **5B** venant se loger dans les évidements du profilé.
 - La liaison du rail avec le bec d'aile est une liaison encastrement
 - Le déplacement du bec d'aile par rapport à **0** est donc guidé par le rail par l'intermédiaire des liaisons avec les galets **5A** et **5B**
 - Liaison $l_{6/4}$: Pivot d'axe $D\bar{z}_0$

Tous les mouvements sont des mouvements plans parallèles au plan x_0y_0 .

Travail demandé

On se placera à l'instant t défini par la figure

A cet instant, on considérera qu'il n'y a aucun mouvement de 2/0, de 1/0, donc de 2/1, c'est à dire que les points B et C seront considérés comme fixes.

On utilisera une méthode de résolution graphique :

- les tracés seront effectués sur le DOCUMENT III
- Les tracés définiront les directions et sens des vecteurs vitesses sans oublier de les justifier, mais pour répondre aux questions posées il ne faudra pas oublier de donner les résultats en ce qui concerne les normes de ces vecteurs vitesse.

1- On admettra que :

- le support de $\vec{V}_{6/0}^H$ est la tangente en H au profil du rail
- le support de $\vec{V}_{6/0}^F$ est la tangente en F au profil du rail

Déterminer la position du centre instantané de rotation $I_{6/0}$ du mouvement 6/0

2- En déduire le support de $\vec{V}_{6/0}^D$

3- Montrer que $\vec{V}_{6/0}^D = \vec{V}_{4/0}^D$

4- Quelle est la nature du mouvement 3/0 ? En déduire le support de $\vec{V}_{3/0}^D$.

5- En appliquant la loi de composition de mouvements en D, déterminer $\vec{V}_{4/0}^D$. En déduire $\vec{V}_{6/0}^D$.

6- Déterminer $\vec{V}_{6/0}^K$

DEUXIEME PARTIE

Remplacement du ressort du limiteur de couple

Le DOCUMENT IV représente le limiteur de couple en vue de face en coupe. (Les détecteurs de position ne sont pas représentés).

Le mouvement d'entrée est donné à l'arbre 6 . Il est transmis au porte-galets 10 par l'intermédiaire d'un engrenage cylindrique à denture droite. Le porte-galets est en liaison pivot avec l'arbre 5.

Le mouvement est alors transmis à la came 2 par l'intermédiaire de 3 galets 3 à 120° situés dans 3 rainures de la came 2 . (Voir formes des rainures sur les DOCUMENTS V et VI). A son tour la came 2 transmet le mouvement à l'arbre de sortie 5 par l'intermédiaire de cannelures. La pression de contact est assurée par le ressort 4 .

Le DOCUMENT I montre qu'avec un seul moteur on réalise la manœuvre des becs. Il faut donc, si un problème d'ordre mécanique empêchait un bec de fonctionner, que les autres becs puissent être manœuvrés d'où l'utilité de la présence d'un limiteur de couple en amont de chaque vérin à vis. Le limiteur doit se déclencher lorsque le couple récepteur est égal ou supérieur à :

$$15 \pm 1 \text{ m.N.}$$

Le dessin d'ensemble montre qu'il n'est pas prévu de systèmes de réglage du ressort. Donc, lorsque le limiteur ne répond plus à ce critère, il faut changer le ressort.

Ces ressorts n'étant plus disponibles en stock, il faut prévoir le remplacement en faisant une proposition au GSAC. Le thème de cette deuxième partie est de faire les calculs afin de préparer cette proposition de remplacement.

Première condition à satisfaire :

Le ressort doit permettre de transmettre un couple à la limite égal à 15m.N

- Pour une raison évidente de montage nous choisirons a priori :
 - d , diamètre du fil : le même c'est à dire 7mm
 - D , diamètre d'enroulement : le même c'est à dire 39mm
 - La longueur du ressort en position de transmission de couple : 40mm
- DOCUMENT V :
 - Ce document représente la came 2 en vues de face, gauche et dessus avec un galet 3 en pièce voisine. (sans les parties cachées)
 - Le mouvement de la came 2 est un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe $O\vec{x}_0$ tel que $\vec{\Omega}_{2/1} = \omega_{2/1} \vec{x}_0$ avec $\omega_{2/1} < 0$. Nous admettrons que dans ce cas le torseur dynamique est nul.
 - Les liaisons des galets 3 avec la came 2 sont des liaisons ponctuelles parfaites c'est à dire sans frottement ni adhérence. Ces liaisons ont lieu en A,B et C.

- Soit D l'intersection du plan ABC avec l'axe $0\bar{x}_0$.
- Les points A,B et C appartiennent à un cercle de centre D et d'axe $0\bar{x}_0$ et de rayon $R = \sqrt{4^2 + 28^2}$. Ils sont répartis à 120° sur ce cercle.
- Considérons les glisseurs associés aux actions mécaniques en A,B et C :

$$\{\tau_1\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_1 = \bar{A}_{3/2} \\ \bar{M}_{1\text{en A}}^t = \bar{0} \end{cases} ; \quad \{\tau_2\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_2 = \bar{B}_{3/2} \\ \bar{M}_{2\text{en B}}^t = \bar{0} \end{cases} ; \quad \{\tau_3\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_3 = \bar{C}_{3/2} \\ \bar{M}_{3\text{en C}}^t = \bar{0} \end{cases}$$

$$\text{Avec } \|\bar{A}_{3/2}\| = \|\bar{B}_{3/2}\| = \|\bar{C}_{3/2}\|$$

Posons :

- $\bar{A}_{3/2} = \bar{N}_{A\text{ de }3/2} + \bar{T}_{A\text{ de }3/2}$
- $\bar{B}_{3/2} = \bar{N}_{B\text{ de }3/2} + \bar{T}_{B\text{ de }3/2}$
- $\bar{C}_{3/2} = \bar{N}_{C\text{ de }3/2} + \bar{T}_{C\text{ de }3/2}$

Les vecteurs \bar{N} étant // à l'axe $0\bar{x}_0$.

Les vecteurs $\bar{T} \in$ au plan $0\bar{y}_0\bar{z}_0$.

Soient :

$\{\tau_{N_{3/2}}\}$ le torseur associé à $\{\bar{N}_{A\text{ de }3/2}, \bar{N}_{B\text{ de }3/2}, \bar{N}_{C\text{ de }3/2}\}$

$\{\tau_{T_{3/2}}\}$ le torseur associé à $\{\bar{T}_{A\text{ de }3/2}, \bar{T}_{B\text{ de }3/2}, \bar{T}_{C\text{ de }3/2}\}$

- Soit $\{\tau_{3/2}\}$ le torseur associé à l'ensemble de ces trois actions mécaniques :

$$\{\tau_{3/2}\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{3/2} = \bar{A}_{3/2} + \bar{B}_{3/2} + \bar{C}_{3/2} \\ \bar{M}_{D\text{ de }3/2}^t = \bar{M}_{D\text{ de }A_{3/2}}^t + \bar{M}_{D\text{ de }B_{3/2}}^t + \bar{M}_{D\text{ de }C_{3/2}}^t \end{cases}$$

On a bien évidemment :

$$\{\tau_{3/2}\} = \{\tau_{N_{3/2}}\} + \{\tau_{T_{3/2}}\}$$

- Ressort 5 :

- Ce ressort sera en acier disponible chez les fabricants de ressorts
- $G = 82000$ MPa
- La limite élastique au cisaillement pour ce type d'acier est égale à 0,8 fois la limite élastique à l'extension. on prendra un coefficient de sécurité égal à 1,2.
- Le torseur associé à l'action mécanique du ressort 4 sur la came 2 est de la forme :

$$\{\tau_{4/2}\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{4/2} = -F_{1\text{ de }4/2}\bar{x}_0 \\ \bar{M}_{D\text{ de }4/2} = \bar{0} \end{cases}$$

- On admettra que le torseur associé à l'action mécanique de 5 sur 2 par l'intermédiaire des cannelures est de la forme :

$$\{\tau_{5/2}\} \rightarrow \left(\begin{array}{c|c} 0 & +15000 \text{ en mm.N} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{D\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

- poids des pièces négligés

1- Montrer que $\{\tau_{T_{3/2}}\}$ est de la forme :

$$\left(\begin{array}{c|c} 0 & -(3 \times 28 \times \sin 27^\circ, 5 A_{3/2}) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{D\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

2- Montrer que $\{\tau_{N_{3/2}}\}$ est de la forme :

$$\left(\begin{array}{c|c} 3 \times \cos 27^\circ, 5 \times A_{3/2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{D\bar{x}_0\bar{y}_1\bar{z}_1}$$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

3- En déduire que $\{\tau_{3/2}\}$ est de la forme

$$\left(\begin{array}{c|c} 3 \times \cos 27^\circ, 5 \times A_{3/2} & -3 \times 28 \times \sin 27^\circ, 5 \times A_{3/2} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{D\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

4- En appliquant le principe fondamental de la dynamique à la came 2, déterminer la valeur de $\vec{F}_{1 \text{ de } 4/2}$.

Deuxième condition à satisfaire :

Le ressort doit permettre le désaccouplage dès que le couple résistant est égal ou supérieur à 15m.N. De ce fait, la came 2 ne tourne pas. On peut donc considérer qu'elle est en équilibre à chaque instant t .

Le DOCUMENT VI représente la came 2 ainsi que les positions des galets 3 correspondantes à cette condition.

On se placera à l'instant t défini par la figure. Les liaisons ponctuelles 3/2 auront lieu en D, E et F. Ces trois points étant répartis à 120° sur un cercle de diamètre 56mm.

Les mouvements des galets par rapport à la came sont des mouvements de roulement sans glissement.

On se placera à la limite du glissement

Coefficient de frottement : $f = 0,2$

Pour cette position, le ressort s'est comprimé d'une valeur supplémentaire de 6mm.

Le poids propre des pièces est négligé.

6- Mettre en place sur le DOCUMENT VI les éléments de réduction des torseurs associés aux liaisons en D, E et F. Pour cela nous poserons :

$$- \bar{D}_{3/2} = \bar{N}_{D \text{ de } 3/2} + \bar{T}_{D \text{ de } 3/2}$$

$$- \bar{E}_{3/2} = \bar{N}_{E \text{ de } 3/2} + \bar{T}_{E \text{ de } 3/2}$$

$$- \bar{F}_{3/2} = \bar{N}_{F \text{ de } 3/2} + \bar{T}_{F \text{ de } 3/2}$$

$$\|\bar{D}_{3/2}\| = \|\bar{E}_{3/2}\| = \|\bar{F}_{3/2}\|$$

Les vecteurs \bar{N} étant // à l'axe $0\bar{x}_0$. (les mettre en place sur la vue de dessus)

Les vecteurs $\bar{T} \in$ au plan $0\bar{y}_0\bar{z}_0$. (les mettre en place sur la vue de gauche)

Quelle relation existe-t-il entre chaque vecteur \bar{T} et chaque vecteur \bar{N} ?

7 - Soient :

$\{\tau_{N_{3/2}}\}$ le torseur associé à $\{\bar{N}_{D \text{ de } 3/2}, \bar{N}_{E \text{ de } 3/2}, \bar{N}_{F \text{ de } 3/2}\}$

$\{\tau_{T_{3/2}}\}$ le torseur associé à $\{\bar{T}_{D \text{ de } 3/2}, \bar{T}_{E \text{ de } 3/2}, \bar{T}_{F \text{ de } 3/2}\}$

- Soit $\{\tau_{3/2}\}$ le torseur associé à l'ensemble de ces trois actions mécaniques :

$$\{\tau_{3/2}\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{3/2} = \bar{D}_{3/2} + \bar{E}_{3/2} + \bar{F}_{3/2} \\ \bar{M}_{0 \text{ de } 3/2}^t = \bar{M}_{0 \text{ de } \bar{D}_{3/2}}^t + \bar{M}_{0 \text{ de } \bar{E}_{3/2}}^t + \bar{M}_{0 \text{ de } \bar{F}_{3/2}}^t \end{cases}$$

On a bien évidemment :

$$\{\tau_{3/2}\} = \{\tau_{N_{3/2}}\} + \{\tau_{T_{3/2}}\}$$

Montrer que $\{\tau_{T_{3/2}}\}$ est de la forme $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - (3 \times 0,2 \times 28 \times N_{D \text{ de } 3/2}) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{0\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

8- Montrer que $\{\tau_{N_{3/2}}\}$ est de la forme
$$\left(\begin{array}{c|c} 3xN_{D \text{ de } 3/2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{0\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

9- En déduire que $\{\tau_{T_{3/2}}\}$ est de la forme
$$\left(\begin{array}{c|c} 3xN_{D \text{ de } 3/2} & -3x0, 2xN_{D \text{ de } 3/2} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{0\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

(Si vous n'arrivez pas à démontrer cette relation, vous l'admettez pour les questions suivantes).

10- Le torseur associé à l'action mécanique du ressort 4 sur la came 2 est de la forme :

$$\{\tau_{4/2}\} \rightarrow \begin{cases} \bar{S}_{4/2} = -F_{2 \text{ de } 4/2} \bar{x}_0 \\ \bar{M}_{0 \text{ de } 4/2} = \bar{0} \end{cases}$$

On admettra que le torseur associé à l'action mécanique de 5 sur 2 par l'intermédiaire des cannelures est de la forme :

$$\{\tau_{5/2}\} \rightarrow \left(\begin{array}{c|c} 0 & +15000 \text{ en mm.N} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right)_{0\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0}$$

En appliquant le théorème fondamental de la statique, déterminer l'effort $\bar{F}_{2 \text{ de } 4/2}$ exercé par le ressort sur la came dans ces conditions.

Détermination des caractéristiques du ressort 4

On appelle caractéristique d'un ressort, la droite d'équation :

$$F = k.f$$

F : intensité de la force qui s'exerce sur le ressort

f : flèche du ressort sous l'action de F

k : rigidité ou raideur du ressort.

11- En tenant compte des résultats des deux conditions précédentes à satisfaire, ($\bar{F}_{1\text{ de }4/2}$ et $\bar{F}_{2\text{ de }4/2}$), déterminer la raideur du ressort k.

12- En déduire la flèche du ressort lorsqu'on exerce $\bar{F}_{1\text{ de }4/2}$

13- En déduire la longueur libre L du ressort. (on dit aussi longueur à vide)

14- Déterminer le nombre de spires n du ressort.

15- On pose : $L = (nxP) + 1,5d.$ (P = pas du ressort). Déterminer la valeur du pas.

16 –on considérera que le fil du ressort est seulement sollicité à la torsion simple, les autres sollicitations étant négligeables. Déterminer le matériau du ressort pour que tous les critères définis précédemment soient satisfaits.

TROISIEME PARTIE

Remplacement de la came 2

Afin de bien comprendre les formes de la came 2, il vous est demandé de représenter cette pièce en perspective à l'échelle 2 :1.

Vous avez le choix de réaliser ce dessin :

- Soit sur le DOCUMENT VII : perspective isométrique coupée au $\frac{1}{4}$ à main levée
- Soit sur le DOCUMENT VIII : perspective cavalière coupée au $\frac{1}{4}$ à main levée

Conseils :

- Bien analyser les formes en vous inspirant des DOCUMENTS IV, V et VI.
- Respecter le repère $0\bar{x}_0\bar{y}_0\bar{z}_0$