

Brevet de technicien supérieur AÉRONAUTIQUE

Session 2012

Épreuve E4 – INGÉNIERIE D'ASSEMBLAGE ET DE MAINTENANCE

*Sous épreuve : Étude de modifications
pluritechnologiques*

Unité U41

Durée : 6 heures

Coefficient : 4

Aucun document n'est autorisé

Matériel autorisé :

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout autre document et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Documents remis en début d'épreuve :

- **Dossier Sujet** DS1 à DS6
- **Dossier Technique** DT1 à DT13
- **Dossier Réponse** DR1 à DR8
- Des feuilles de composition comportant un bandeau d'anonymat
- Des feuilles de brouillon

Documents à rendre obligatoirement en fin d'épreuve :

- Les feuilles de composition numérotées et anonymées
- Les feuilles du **Dossier Réponse** complétées et anonymées

Recommandations :

- Il est indispensable de commencer par lire la totalité du sujet
- S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Dossier sujet

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CEREN

1. Objectif de l'étude

1.1. Situation problème

Lors de l'assemblage de la porte avec la pointe avant, la porte doit être présentée inclinée à 30° par rapport à sa position fermée pour des contraintes d'assemblage de la ligne d'articulation (non abordé dans cette étude).

Un outillage permet cette mise en position à 30° .

Une fois la porte assemblée au niveau de la ligne d'articulation, il faut connecter le système de contre-balancement sur la porte. Pour cela, il faut caler ce système dans une position qui permet l'assemblage avec la porte (incliné à 30°). A cette position du système de contre-balancement correspond une certaine longueur de sortie de tige du vérin à ressort. Le ressort du vérin ayant tendance à faire rentrer la tige, il faudra maintenir cette position de tige sortie. Une cale réalisera cette fonction. Elle se positionnera entre deux surfaces parallèles (une surface sur le corps du vérin, une surface sur la tige du vérin).

L'objectif de cette étude est donc de concevoir cette cale.

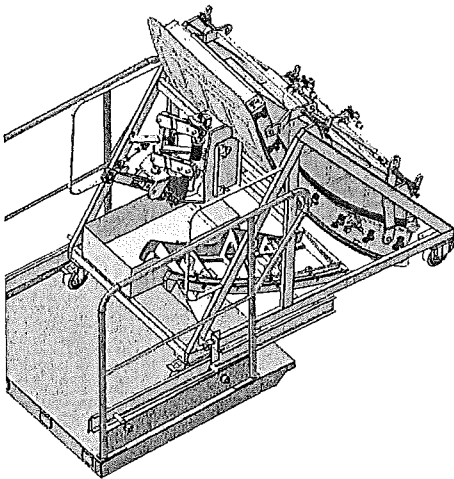


Figure 1: Porte inclinée à 30° sur outillage

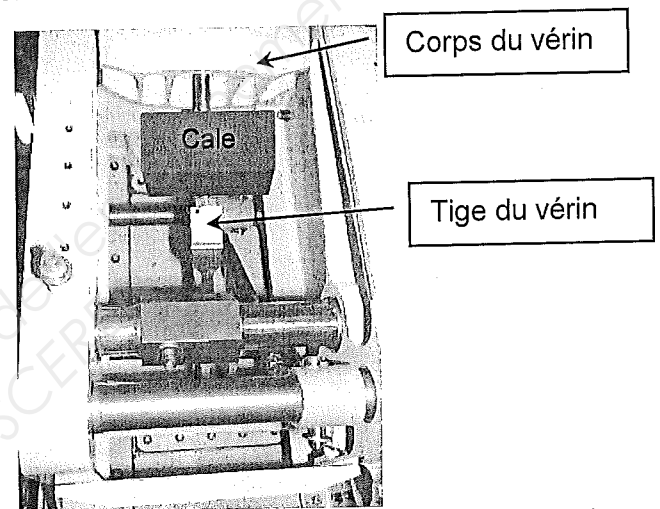


Figure 2: Vérin du système de contre-balancement

1.2. Trame d'étude

Pour cette étude, vous vous placerez dans le rôle d'un technicien de chez Airbus. Vous êtes en possession d'un dossier technique et d'une maquette virtuelle (dont des extraits sont inclus dans le dossier technique) de la porte.

Vous devrez donc tout d'abord découvrir les fonctions réalisées par cette porte et analyser les mécanismes utilisés.

Ensuite une étude mécanique exhaustive d'une des fonctions devra être menée, afin de déterminer les critères du cahier des charges permettant la réalisation de la cale.

Enfin vous devrez choisir et définir une solution.

L'étude se déroulera donc en 5 points :

- Etude fonctionnelle de la porte
- Etude structurelle de la porte
- Etude cinématique et statique du système de contre-balancement
- Recherche et choix d'une solution
- Définition de la solution

2. Travail demandé

2.1. Étude fonctionnelle de la porte

2.1.1. Étude fonctionnelle externe

L'objet de cette étude est de définir la fonction d'usage de la porte à l'aide de l'outil « bête à cornes ».

Q1. Compléter l'expression du besoin sur le document réponse DR1 en indiquant :

- A qui rend service le système ?
- Sur quoi agit le système ?
- Dans quel but ? (fonction d'usage)

2.1.2. Étude fonctionnelle interne

L'objet de cette étude est de repérer les fonctions des différentes solutions techniques utilisées pour l'ouverture ou la fermeture de la porte.

Q2. Compléter l'extrait de FAST sur le document réponse DR1 en utilisant tous les éléments techniques de la liste donnée ci-dessous (extrait du dossier technique) dans les cadres correspondants à la fonction technique réalisée.

Éléments techniques : joint, escalier, butée, galet X, galet X-Z, peau, cadre, raidisseur, poutre, poignée intérieure, poignée extérieure, poignée largage, système dégagement butée, engrenage, joug, ligne d'articulation, système de verrouillage porte ouverte, système de contre-balancement, câble, système de verrouillage porte fermée, système de verrouillage porte levée, système à genouillère, parallélogramme, charnière déconnectable.

2.2. Étude structurelle de la porte

L'objet de cette étude est de comprendre le fonctionnement de la porte.

2.2.1. Étude du système d'effacement des butées

La fonction de ce système est de permettre à la porte de se dégager des butées pour permettre l'ouverture vers l'extérieur de la porte.

L'objectif de cette partie est de comprendre le fonctionnement de ce système.

Q3. A partir des légendes de la figure 8 du DT4, compléter sur le schéma cinématique du document réponse DR2, les noms des différents sous-ensembles isocinématiques représentés sachant que :

- le schéma cinématique est minimal et plan
- le schéma cinématique représente uniquement la phase de dégagement des butées donc la liaison charnière-fuselage est modélisée par une liaison encastrement
- les ressorts ne sont pas modélisés
- la poignée extérieure, la bielle U et l'axe X ne sont pas représentées

Q4. A partir du vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{C,2/1}}$, déterminer graphiquement sur le schéma cinématique partiel du document réponse DR3, le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{D,4/1}}$. Chaque étape devra être justifiée sur copie avec les constructions intermédiaires nommées.

Q5.

Pour la suite du problème : $\|\overrightarrow{V_{D,4/1}}\| = 2,1 \text{ cm / s}$.

On vous donne :

ED = 74 mm

PF = 25 mm

Nombre de dents du secteur denté (si secteur denté complet) : $Z_4=29$

Nombre de dents du pignon : $Z_5=16$

Sur copie, déterminer la norme de $\vec{V}_{P,5/1}$. Le dessiner sur DR3.

Q6. Dessiner, sur le document réponse DR3, les centres de liaisons H puis I et K. Justifier les constructions sur copie. Dessiner les sous-ensembles isocinématiques 0, 7 et 8 sur DR3.

Q7. Dessiner sur le document réponse DR3, la trajectoire des points J, L et M appartenant à 1 par rapport à 0 en justifiant la construction du point M sur copie. Indiquer pour chacune de ces trajectoires par une flèche le sens du mouvement.

Q8. Indiquer sur copie si la porte 1 a un mouvement vers le haut ou le bas par rapport au fuselage 0.

2.2.2. Étude du système de surveillance porte

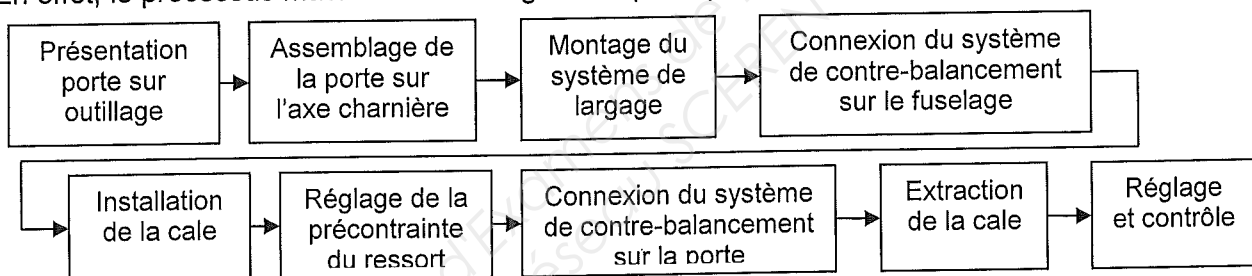
La fonction de ce système (expliqué en DT11) est de donner une indication au pilote quant à l'état de fermeture de la porte (closed, open, default).

Q9. Compléter sur le document réponse DR4, la table de fonctionnement en indiquant dans les trois dernières colonnes, la valeur de S1, la valeur de S2 et le contenu du message que le pilote reçoit en fonction des informations données par le capteur.

2.3. Caractérisation du système de contre-balancement

L'objectif de cette partie est de caractériser le système de contre-balancement afin de déterminer la valeur de la précontrainte du ressort et les dimensions de la cale.

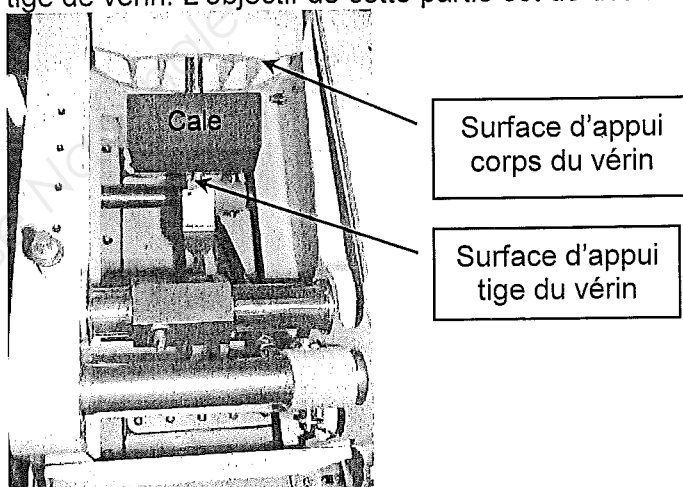
En effet, le processus macro d'assemblage de la porte peut se résumer ainsi :



L'extraction de la cale doit se faire **sans aucun démontage**.

2.3.1. Détermination de la distance entre les deux surfaces d'appui de la cale

La cale sera positionnée entre une surface d'appui du corps de vérin et une surface d'appui de la tige de vérin. L'objectif de cette partie est de déterminer la distance entre ces deux surfaces.



Le bras et le renvoi font parties du même sous-ensemble isocinématique.

Q10. Mesurer graphiquement sur le document réponse DR5 l'angle α parcouru par le bras de contre-balancement pour une ouverture de porte inclinée de 30° par rapport à la position de la porte fermée. Pour cela, indiquer précisément sur le document réponse DR5, la position de la bielle et du bras dans la position de la porte inclinée à 30° .

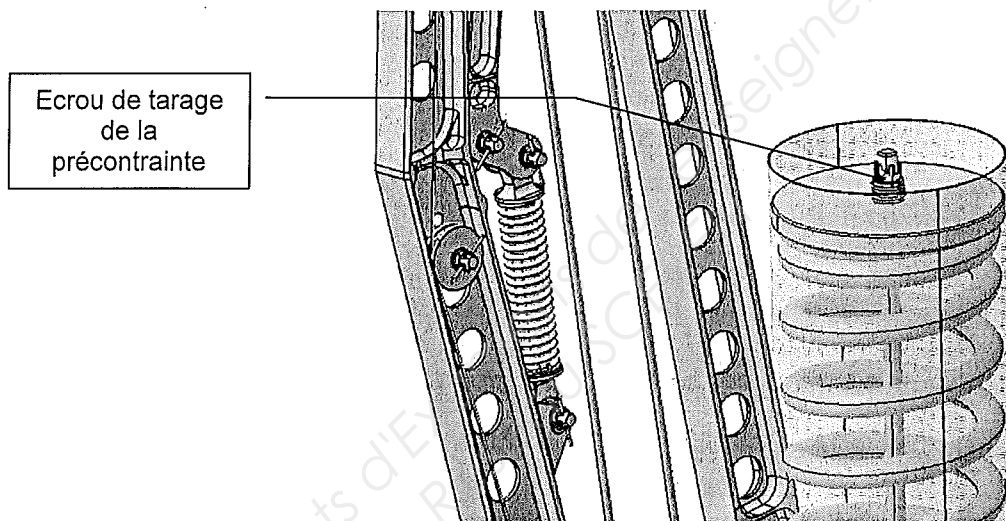
Q11. Mesurer graphiquement sur le document réponse DR6 la distance e entre la surface d'appui de la tige et la surface d'appui du corps quand la porte est inclinée à 30° . Pour cela, à partir de la position du renvoi (en pointillé) sur le document réponse DR6, indiquer précisément la position de la tige avec sa surface d'appui et du corps avec sa surface d'appui et indiquer la cote relevée entre les deux surfaces d'appuis.

2.3.2. Détermination de la précontrainte du ressort

Le ressort sert à assister l'utilisateur de la porte lors de sa manœuvre. Plus précisément, la position d'équilibre de la porte sans action de l'utilisateur étant la position horizontale, l'utilisateur doit tirer sur le bras pour la faire monter et pousser sur le bras pour la faire descendre.

Pour régler précisément la position d'équilibre de la porte, un écrou de tarage vissé à l'extrémité de la tige du vérin permet de régler la précontrainte du ressort.

Le but de cette partie est de déterminer cette valeur de précontrainte.



Pour déterminer cette précontrainte, l'étude se déroulera en 2 phases :

- détermination de l'action de la bielle sur la porte dans la position horizontale de la porte
- détermination de l'effort de la tige du vérin sur le renvoi dans la position horizontale de la porte

Hypothèses valable pour l'étude statique :

- le problème sera ramené à un problème plan (O, Y, Z)
- les liaisons sont considérées parfaites
- la masse de la porte est de 80 kg (on prendra l'accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m/s}^2$)

Q12. A partir du schéma cinématique partiel de la porte sur le document réponse DR5, établir le bilan des actions mécaniques s'exerçant sur la porte (en position horizontale) sur copie et déterminer graphiquement sur le document réponse DR7 l'action de la bielle sur la porte ($\vec{T}_{\text{bielle} \rightarrow \text{porte}}$).

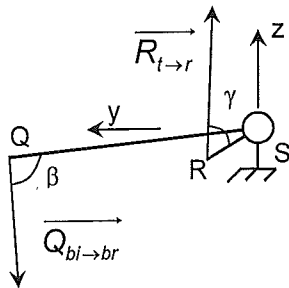
Q13.

On définit un système : $S1 = \{\text{axe} + \text{bras} + \text{renvoi}\}$

Le système S1 est soumis à trois actions mécaniques :

- l'action de la bielle sur le bras (grand côté), on admettra $\|\vec{Q}_{bi \rightarrow br}\| = 650N$,
- l'action de la tige du vérin à ressort sur le renvoi ($\vec{R}_{t \rightarrow r}$),
- l'action du fuselage sur l'axe (force \vec{S}_{fa} passant par S)

comme le montre le schéma (non à l'échelle) suivant :



$$\begin{aligned} QS &= 897 \text{ mm} \\ RS &= 70 \text{ mm} \\ \beta &= 90^\circ \\ \gamma &= 60^\circ \end{aligned}$$

Sur copie, appliquer le principe fondamental de la statique sur le système matériel S1 en écrivant l'équation littérale du théorème du moment de la statique autour de l'axe S_x .

Q14. Sur copie, faire l'application numérique afin de déterminer l'intensité de l'action de la tige sur le renvoi.

2.3.3. Détermination des pressions de matage

Dans le but d'éviter le matage de la cale et surtout des pièces en contact, il est nécessaire de déterminer la pression de matage sur ces surfaces.

Comme le montre la figure 3, deux surfaces sur la tige peuvent être portantes sur la cale (la surface carrée ou l'écrou) et une surface sur le corps (composée de nervures).

Pour des raisons évidentes de répartition optimale des charges, le centre de la cale sera sur l'axe de la tige.

Le matériau utilisé pour réaliser la cale sera le même que celui des pièces en contact, c'est-à-dire un alliage d'aluminium. Sachant que l'assemblage ne subit pas de chocs, on acceptera comme pression admissible au matage $R_{mat} = 90 \text{ MPa}$.

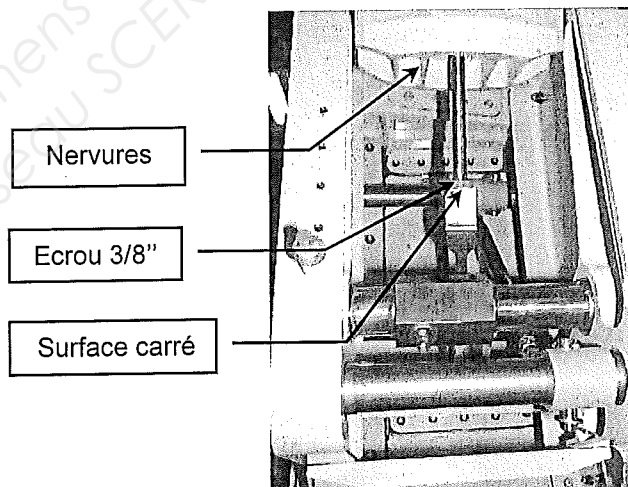


Figure 3: Identification des surfaces portantes

L'objectif de cette partie est de déterminer, à partir de la force exercée par le ressort

dans une position de la porte horizontale (calculée précédemment), la force exercée sur la cale dans une position de la porte à 30° , puis les pressions exercées sur cette même cale et de vérifier et définir les surfaces portantes côté tige et côté corps.

On vous donne :

- la valeur de la force exercée par le ressort pour une position de la porte horizontale calculée précédemment : 9500 N
- les caractéristiques du ressort : coefficient de raideur $k = 40 \text{ N/mm}$ et longueur libre $l_0 = 436 \text{ mm}$
- l'allongement du ressort entre la position de la porte horizontale et la position de la porte à 30° : $\Delta l = 53 \text{ mm}$

Q15. Sur copie, déterminer la longueur du ressort quand la porte est en position horizontale.

Q16. Sur copie, en déduire l'intensité de la force exercée par le ressort sur la cale dans la position de la porte à 30°.

Pour la suite du problème, on prendra la force exercée par le ressort $F = 7400 \text{ N}$

Q17. Sur copie et à partir du document DT9, déterminer la superficie de la surface portante de l'écrou et la pression de matage sur cette surface. Vérifier que la pression ne dépasse pas la valeur limite.

Q18. Déterminer à partir du document DT8, sur copie, les dimensions de la cale permettant de respecter la pression admissible sur les nervures du côté corps. (Expliquer votre démarche)

2.4. Recherche et choix d'une solution

L'objectif de cette partie est de définir précisément les dimensions de la cale en fonction des données calculées précédemment.

Il sera réalisé un diagramme des interacteurs pour déterminer l'environnement de la cale et les fonctions attendues.

Ensuite un cahier des charges fonctionnelles sera défini afin d'établir les formes et dimensions de la cale.

Q19. Définir, sur le document réponse DR8, la fonction principale et les trois fonctions contraintes assurées par la cale.

Q20. Compléter, sur le document réponse DR8, les solutions ou valeurs employées pour définir les critères des fonctions précédemment décrites.

2.5. Définition de la solution

L'objectif de cette partie est de représenter complètement les formes et dimensions de la cale. Ces dessins peuvent se faire à main levée.

Q21. Dessiner en perspective isométrique, sur copie, la forme globale de la cale.

Q22. Dessiner en deux vues projetées, sur copie, la cale et indiquer une cotation dimensionnelle non tolérancée permettant de définir complètement la cale.