

I. ENERGETIQUE : 3 pts

I.1 ETUDE DE L'ENERGIE DES BATTERIES ET DES CELLULES SOLAIRES

Le digramme (feuille 1/6) présente l'évolution sur 24 heures d'un vol en conditions normales (météorologie favorable) sans les phases de décollage et d'atterrissage.

Données pour répondre aux questions :

Batteries : masse totale de 633 kg avec une densité énergétique de $260 \text{ W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Cellules photovoltaïques : 17248 cellules pour une surface totale de $269,5 \text{ m}^2$. *Sol.*

Puissance collectée moyenne le jour (sur 12 h) : $520 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. *1 P_{sol}*

Rendement des cellules : 22,7%. *1*

Puissance nécessaire au vol :

Puissance moyenne nécessaire au vol, le jour (12 heures) : $12,88 \text{ kW}$; *x*

Puissance moyenne nécessaire au vol, la nuit (12 heures) : $9,2 \text{ kW}$.

I.1.1) Justifier, à partir du diagramme, l'intérêt de faire prendre de l'altitude à l'avion le jour et de le faire planer en début de nuit. **0,5 pt**

Pendant la journée, l'avion a besoin de plus d'énergie (pour phases 2 et 3)

Rappel : l'énergie électrique produite par des cellules photovoltaïques est égale à :

$E = \text{Puissance solaire collectée moyenne surfacique} \times \text{Surface des cellules} \times \text{Durée d'exposition} \times \text{Rendement}$

I.1.2) À partir du diagramme, déterminer l'énergie totale E en kW·h produite le jour par les cellules photovoltaïques. **0,5 pt**

$E = P_{\text{moy}} \times S_{\text{cell}} \times t \times \eta$
 $E = 520 \times 269,5 \times 12 \times 22,7/100$ *$E = 381,74 \text{ kW}\cdot\text{h}$*

I.1.3) À partir de la densité énergétique, déterminer la quantité d'énergie totale C_{bat} que peuvent stocker les batteries en kW·h. **0,5 pt**

$C_{\text{bat}} = m_{\text{bat}} \times d_{\text{bat}} = 633 \times 260 \cdot 10^{-3}$
 $C_{\text{bat}} = 164,58 \text{ kW}\cdot\text{h}$

I.1.4) Déterminer l'énergie E_{c-j} consommée nécessaire au vol pendant le jour. **0,5 pt**

$E_{c-j} = P_{\text{moy-j}} \times 12 = 12,88 \times 12$ *$E_{c-j} = 154,56 \text{ kW}\cdot\text{h}$*

I.1.5) Déterminer l'énergie E_{c-n} consommée nécessaire au vol pendant la nuit. **0,5 pt**

$E_{c-n} = P_{\text{moy-n}} \times 12 = 9,2 \times 12$ *$E_{c-n} = 110,4 \text{ kW}\cdot\text{h}$*

I.1.6) Montrer que l'énergie stockée dans les batteries est suffisante pour assurer le vol. Voir diagramme. **0,5 pt**

$C_{\text{bat}} > E_{c-n}$ donc l'énergie stockée dans les batteries est suffisante

II. STATIQUE : 7 pts

II.1 STATIQUE ANALYTIQUE : ETUDE DES ACTIONS MECANQUES SUR LES PALIERS ET LE

COUPLE MOYEN DU MOTEUR. (Répondre sur feuille de copie)

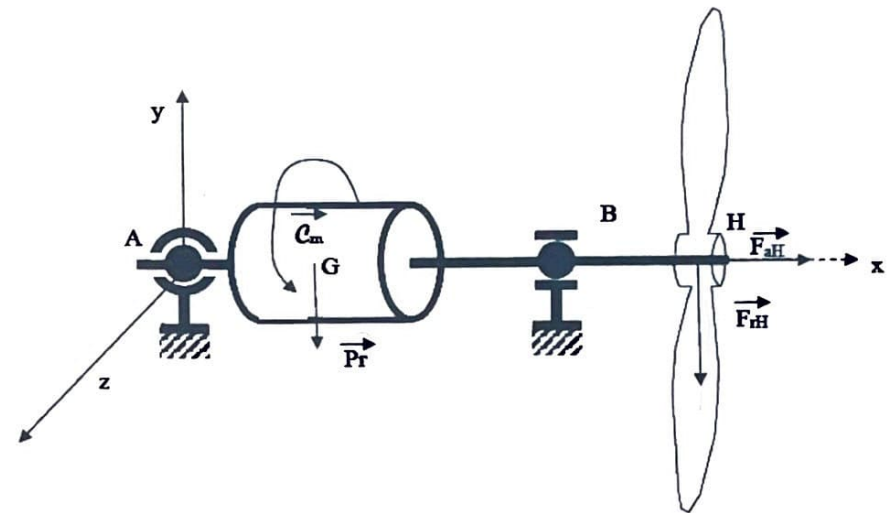
Le moteur est directement accouplé à l'hélice et fixé sous l'aile de l'avion. Chaque moteur a un rotor de diamètre extérieur de 290 mm.

On propose d'étudier l'arbre moteur avec son rotor, guidé en rotation par deux roulements A et B sur le corps de la nacelle avec une liaison rotule de l'arbre au point A, et une liaison linéaire annulaire au point B. L'hélice a une masse estimée de 15 kg (poids non négligé noté \overline{FrH}) assure un effort de traction sur l'avion \overline{FaH} de 200 N. La masse de l'arbre moteur est intégrée à celle du rotor du moteur (masse totale de 7,2 kg) dont le poids \overline{Pr} sera appliqué au point G.

On prendra dans les applications numériques, AB = 300 mm, AH = 400 mm, soit G la position du centre de gravité du rotor sur l'axe Ax avec AG = 120 mm.

On donne le bilan de torseurs des liaisons en A et B et le couple moyen du moteur.

$$\{T_{\text{nacelle} \rightarrow \text{arbre}}\}_A = \begin{pmatrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{pmatrix}; \quad \{T_{\text{nacelle} \rightarrow \text{arbre}}\}_B = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{pmatrix}; \quad \{T_{\text{couple moyen} \rightarrow \text{arbre}}\}_A = \begin{pmatrix} 0 & C_m \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$



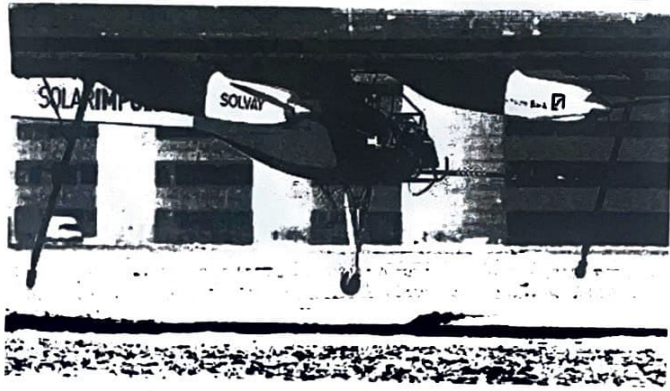
II.1.1) Réaliser un bilan des actions mécaniques extérieures au système {arbre + rotor du moteur}. **1 pt**

II.1.2) En utilisant le principe fondamental de la statique, déterminer les équations littérales des actions dans les paliers A et B et le couple moyen du moteur. **3 pts**

II.1.3) Effectuer les applications numériques de cette étude en déterminant toutes les inconnues du problème sous formes de torseur des actions mécaniques. **1,5 pts**

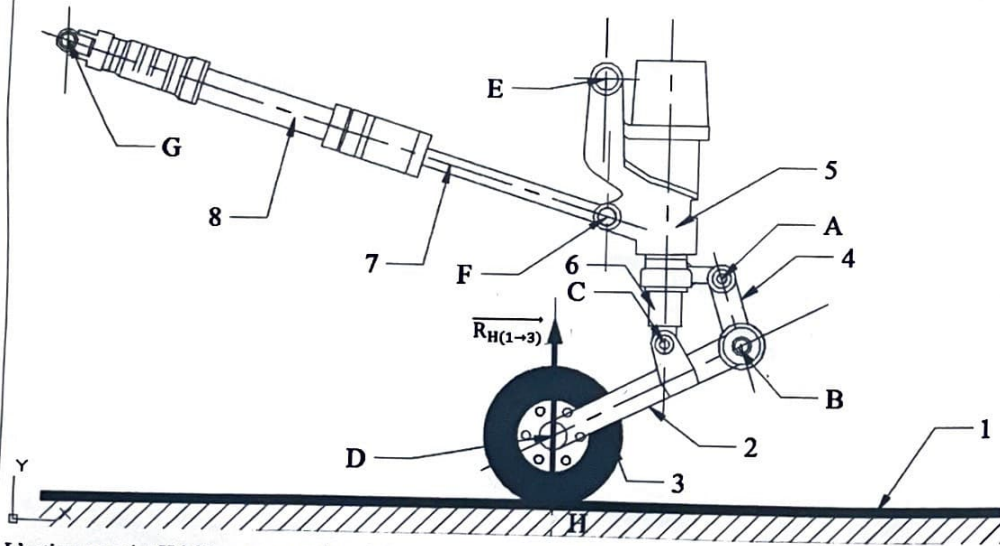
UNIVERSITE DE DAKAR - BACCALAUREAT DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE TECHNIQUE		
Durée : 4 h	Epreuve	Série : T1
Coefficient : 4	MECANIQUE	1 ^{er} Groupe
Feuille N° 2/6	Echelle	Code : 2023TT109NA0133

II.2 STATIQUE GRAPHIQUE : ETUDE DU TRAIN PRINCIPAL D'ATERRISSAGE



Le train d'atterrissage se compose d'un train principal sous le fuselage de l'avion, d'une petite roue arrière sous la queue de l'appareil et de deux appuis sous les ailes pour équilibrer les appuis sur le sol.

Lors de l'impact sur le sol, seul le train principal touche le sol en premier. Celui-ci se compose d'une roue 3, en contact avec le sol 1. L'atterrisseur 2 permet de relier la roue à l'amortisseur 6 de l'avion. Cet atterrisseur est repliable en vol par l'intermédiaire d'un vérin de manœuvre (7+8) représenté sur le schéma par le système FG. Les points A, B, C, D, E, F, et G représentent des articulations. On négligera le poids propre des pièces 2 et 4.



L'action au point H à l'impact entre le sol et la roue est de 20 000 N. On considère le problème plan.

II.2.1) Déterminer l'action $\vec{R}_{D(2 \rightarrow 3)}$ en D de la roue 3 sur l'atterrisseur 2 (indication : on pourra isoler 3). 0,5 pt

II.2.2) Déterminer l'action $\vec{R}_{C(5 \rightarrow 2)}$ en C de l'amortisseur 5 sur l'atterrisseur 2 (indication : on pourra isoler 4 et 2). 1 pt

Ech 1cm \leftrightarrow 5000N

II.2.1) Isolation de {3} : $\vec{R}_{D(2 \rightarrow 3)} = -\vec{R}_{H(1 \rightarrow 3)}$

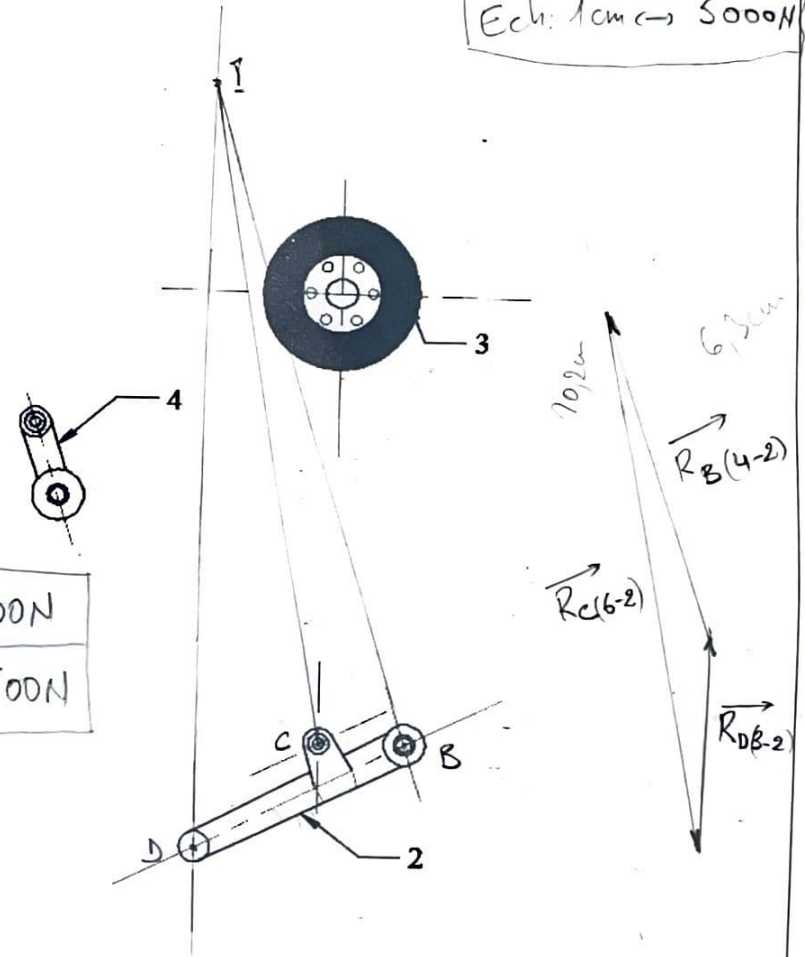
II.2.2) Isolation de {4} : $\vec{R}_{A(6 \rightarrow 4)} = -\vec{R}_{B(2 \rightarrow 4)}$

Isolation de {2} :

Bilan des forces : $\vec{R}_{D(3 \rightarrow 2)}$, $\vec{R}_C(6 \rightarrow 2)$, $\vec{R}_B(4 \rightarrow 2)$

PFS : $\vec{R}_D(3 \rightarrow 2) + \vec{R}_C(6 \rightarrow 2) + \vec{R}_B(4 \rightarrow 2) = \vec{0}$

Ech: 1cm \leftrightarrow 5000N



$$\|\vec{R}_{C(6 \rightarrow 2)}\| = 51.000 \text{ N}$$

$$\|\vec{R}_{B(4 \rightarrow 2)}\| = 31.500 \text{ N}$$

UNIVERSITE DE DAKAR - BACCALAUREAT DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE TECHNIQUE

Durée : 4 h

Coefficient : 4

Feuille N° 3/6

Epreuve
MECANIQUE

Echelle

Série : T1

1^{er} Groupe

Code : 2023TT109NA0133

$$\text{I.1.1.) } \left\{ \begin{matrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{matrix} \right\}_B$$

$$\left\{ \begin{matrix} 0 & C_m \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ -P_r & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_G$$

$$\left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_H$$

$$P_r = 72 \times 10 = 720 \text{ N} \quad F_{rH} = 15 \times 10 = 150 \text{ N}$$

II.1.2) D'après le PFS:

$$\left\{ \begin{matrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & C_m \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ -P_r & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \right\}$$

Ramenons les torseurs en A:

$$\left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 300 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & Y_B \\ 0 & Z_B \end{matrix} \right\}_A$$

$$\left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ Y_B & -300 Z_B \\ Z_B & 300 Y_B \end{matrix} \right\}_A$$

$$\left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ -P_r & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 120 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & -P_r \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ -P_r & 0 \\ 0 & -120 P_r \end{matrix} \right\}_A$$

$$\left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 400 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & -400 F_rH \end{matrix} \right\}_A$$

$$\text{PFS: } \left\{ \begin{matrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ Y_B & -300 Z_B \\ Z_B & 300 Y_B \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & C_m \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ -P_r & 0 \\ 0 & -120 P_r \end{matrix} \right\}_A + \left\{ \begin{matrix} F_{rH} & 0 \\ -F_rH & 0 \\ 0 & -400 F_rH \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}$$

$$\begin{cases}
 X_A + 0 + 0 + 0 + F_A H = 0 & X_A = -F_A H \quad (1) \\
 Y_A + Y_B + 0 - P_r - F_r H = 0 & Y_A + Y_B = P_r + F_r H \quad (2) \\
 Z_A + Z_B + 0 + 0 + 0 = 0 & Z_A = -Z_B \quad (3) \\
 0 + 0 + C_m + 0 + 0 = 0 & C_m = 0 \quad (4) \\
 0 - 300 Z_B + 0 + 0 + 0 = 0 & Z_B = 0 \quad (5) \\
 0 + 300 Y_B - 120 P_r - 400 F_r H = 0 & Y_B = \frac{120 P_r + 400 F_r H}{300} \quad (6)
 \end{cases}$$

II.1.3. (AN)

(1) $\Rightarrow X_A = -200 \text{ N}$

(6) $\Rightarrow Y_B = \frac{120 \times 72 + 400 \times 150}{300}$

$Y_B = 228,8 \text{ N}$

(2) $\Rightarrow Y_A = 72 + 150 - 228,8$

$Y_A = -6,8 \text{ N}$

$$\left\{ \begin{matrix} \text{G}_{n \rightarrow ar} \\ \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} -200 & 0 \\ -6,8 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A$$

$$\left\{ \begin{matrix} \text{G}_{n \rightarrow ar} \\ \end{matrix} \right\}_B = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 228,8 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_B$$

$$\left\{ \begin{matrix} \text{G}_{C \rightarrow ar} \\ \end{matrix} \right\}_A = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_A$$

III.) CINEMATIQUE : 3 pts

III.1 ETUDE DU MECANISME D'AMORTISSEMENT ET D'ENTREE-SORTIE DU VERIN

La feuille 6/6 représente le train d'atterrissage d'un avion. Ce train d'atterrissage comprend :

- le mécanisme d'amortissement (suspension) : fig. 1
- le mécanisme de rentrée et sortie du train : fig. 2.

Ces deux mécanismes seront étudiés séparément.

Hypothèse : Tous les mouvements ont lieu dans un même plan.

I/ Mécanisme d'amortissement. Etude sur la figure 1 feuille 6/6. Echelle : 1 cm pour 160/s

Les liaisons en A, B, C et D sont des liaisons pivot. Le mouvement de la tige d'amortisseur 6 par rapport au cylindre d'amortisseur 5 est une translation rectiligne. La position du mécanisme sur la figure 1 correspond à l'instant où la roue 3 touche la piste. A cet instant, le train est verrouillé en position sortie et les pièces 5, 7 et 8 n'ont aucun mouvement par rapport à l'avion.

QUESTIONS.

III.1.1) A l'instant considéré, $\|\vec{V}_{C6/5}\| = 3 \text{ cm/s}$. Mettre en place, sur la figure 1, le vecteur vitesse $\|\vec{V}_{C6/5}\|$. **0,5 pt**

III.1.2) Montrer que $\|\vec{V}_{B4/5}\| = \|\vec{V}_{B2/5}\|$ et que $\|\vec{V}_{C6/5}\| = \|\vec{V}_{C2/5}\|$. **0,5 pt**
Handwritten notes: $\|\vec{V}_{B4/5}\| = \|\vec{V}_{B2/5}\|$ car B est un pt. commun à 2 pièces (2 et 4) et $\|\vec{V}_{C6/5}\| = \|\vec{V}_{C2/5}\|$ car C est un pt. commun à 2 pièces (2 et 6)

III.1.3) En utilisant l'équiprojectivité déterminer graphiquement $\|\vec{V}_{B4/5}\|$. Indiquer sa norme. **1 pt**

III.1.4) Déterminer graphiquement par la méthode CIR la vitesse $\|\vec{V}_{C2/5}\|$. Indiquer sa norme. **1 pt**

2/ Mécanisme d'entrée-sortie. Etude sur la figure 2 feuille 6/6. Echelle : 1 cm pour 0,2cm/s

Le corps d'amortisseur 5 est articulé sur l'avion en E. Le corps du vérin 8 est articulé sur l'avion en G. La tige du vérin 7 est articulée sur 5 en F.

On étudie le système pendant la phase de rentrée du vérin, à l'instant t. A cet instant, le mécanisme occupe la position tracée sur la figure 2. Pendant cette phase les pièces 6, 5, 4, 3 et 2 n'ont aucun mouvement relatif entre elles.

QUESTIONS

III.1.5) Connaissant $\|\vec{V}_{F7/avion}\| = \|\vec{V}_{F5/avion}\|$ et $\|\vec{V}_{F7/8}\| = 2 \text{ cm/s}$, tracer cette vitesse sur la figure 2 et déterminer graphiquement $\|\vec{V}_{F5/avion}\|$ et $\|\vec{V}_{F8/avion}\|$. **1 pt**

III.1.6) Calculer la vitesse de rotation $\omega_{5/avion}$ sachant que EF = 290 mm **0,5 pt**
Handwritten: $\omega_{5/avion} = \frac{V_{F5/avion}}{EF}$ AN. $\omega_{station} = \frac{9,2}{99}$
 $\omega_{station} = 0,078 \text{ rad/s}$

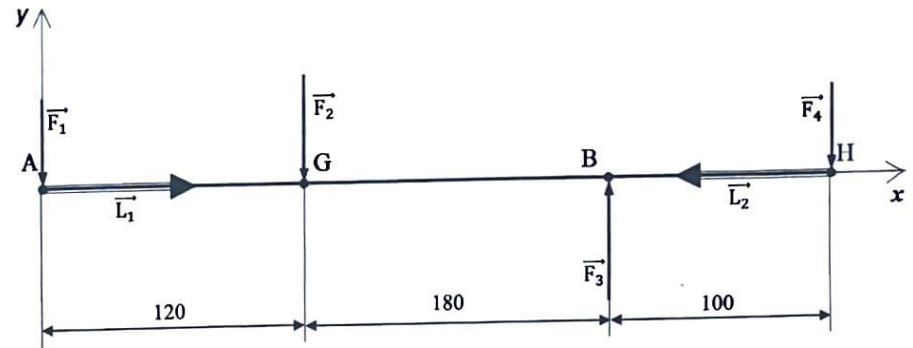
III.1.7) La tige de vérin 7 rentre à vitesse constante et sa course totale de rentrée est de 250 mm. Calculer la durée de rentrée du train d'atterrissage. **0,5 pt**

Handwritten: $\Delta t = \frac{C}{V_{F7/8}}$ AN. $\Delta t = \frac{25}{2}$ $\Delta t = 12,5 \text{ s}$

IV. RDM : 5 pts

IV.1 ETUDE DE L'ARBRE MOTEUR

On se propose d'étudier la résistance d'un arbre de transmission modélisé par une poutre droite, de section circulaire constante comme l'indique la figure ci-dessous :



Effort aux appuis : $\|\vec{F}_1\| = 7 \text{ N}$ $\|\vec{F}_2\| = 72 \text{ N}$ $\|\vec{F}_3\| = 229,6 \text{ N}$ $\|\vec{F}_4\| = 150,6 \text{ N}$

Moment de torsion de l'arbre moteur : $\|\vec{L}_1\| = \|\vec{L}_2\| = 50 \text{ N.m}$

Données :

- Module de Coulomb : $G = 8.10^4 \text{ MPa}$.
- Coefficient de sécurité : $s = 3$
- Angle limite de torsion : $\theta_{lim} = 0,45^\circ / \text{m}$.
- Contrainte tangentielle à la limite élastique : $\tau_e = R_e = 120 \text{ MPa}$.

Pour une équation de la forme $x^4 - (30)^3x - 22^4 = 0$, la solution est $x = 32,5$.

1/ Etude de la résistance de l'arbre au moment de torsion :

IV.1.1) Calculer le diamètre minimal (d) de l'arbre à partir de la condition de rigidité. **0,75 pt**

Handwritten calculations:

$$\theta_{min} \leq \theta_{lim}$$

$$\frac{M_T}{G I_0} \leq \theta_{lim}$$

$$\frac{32 \text{ MT}}{G \pi d^4} \leq \theta_{lim}$$

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \text{ MT}}{G \pi \theta_{lim}}}$$

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \times 50.000 \times 1000}{\pi \times 80.000 \times 0,00785}}$$

$$d_{min} = 30 \text{ mm}$$

UNIVERSITE DE DAKAR - BACCALAUREAT DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE TECHNIQUE		
Durée : 4 h	Epreuve	Série : T1
Coefficient : 4	MECANIQUE	1 ^{er} Groupe
Feuille N° 4/6	Echelle	Code : 2023TT109NA0133

IV.1.2) Pour ce diamètre, calculer alors la contrainte tangentielle maximale en torsion et conclure. 0,75 pt

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{I_0} \times \frac{d}{2} = \frac{M_T \times 32}{\pi d^4} \times \frac{d}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{16 \times 50.000}{\pi \cdot (30)^3} \quad \tau_{\max} = 9,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{adm}} = \frac{\tau_c}{\lambda} = \frac{120}{3} \quad \tau_{\text{adm}} = 60 \text{ MPa}$$

$\tau_{\max} < \tau_{\text{adm}}$, donc la condition de résistance est assurée.

On suppose que le diamètre de l'arbre plein est $d = 30 \text{ mm}$. Pour alléger on se propose de le remplacer par un arbre creux de diamètre intérieur $d_1 = 22 \text{ mm}$.

IV.1.3) Calculer le diamètre extérieur (d_2) de façon à ce que la contrainte tangentielle maximale en torsion garde la même valeur que celle de l'arbre plein. 0,75 pt

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{I_0} \times \frac{D}{2} = \frac{M_T \times 32 \times D}{\pi(D^4 - d_1^4) \times 2}$$

$$D^4 - d_1^4 = \frac{16 M_T \times D}{\pi \tau_{\max}} = \frac{16 \times 50.000 \times D}{\pi \times 9,43} \approx (30)^3 \times D$$

$$D^4 - 30^3 \cdot D - (22)^4 = 0 \quad D = 32,5 \text{ mm}$$

IV.1.4) Calculer alors le rapport de masse des deux arbres ($\frac{m_2}{m_1} = \frac{S_2}{S_1}$) ainsi que le rapport des angles de torsion

unitaire ($\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{I_{G1}}{I_{G2}}$) (1 arbre plein, 2 arbre creux). Conclure. 0,75 pt

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi(D_2^2 - d_1^2)/4}{\pi d_1^2/4} = \frac{D_2^2 - d_1^2}{d_1^2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{32,5^2 - 22^2}{22^2} \quad \frac{m_2}{m_1} = 0,63$$

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{I_{G1}}{I_{G2}} = \frac{\pi(D_2^4 - d_1^4)/32}{\pi d_1^4/32} = \frac{D_2^4 - d_1^4}{d_1^4} = \frac{32,5^4 - 22^4}{22^4}$$

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = 1,08$$

Concl: la masse diminue, alors que l'angle ne change pratiquement pas.

2/ Etude de la résistance de l'arbre au moment de flexion

IV.1.5) Tracer le graphe du moment de flexion M_f , pour le tronçon AH 1,25 pts

* Entre A et G: $0 \leq x \leq 120$

$$M_{fz} = -(F_1 x) = -fx \quad x=0, M_{fz}=0 \quad x=120, M_{fz} = -8400 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

* Entre G et B: $120 \leq x \leq 300$

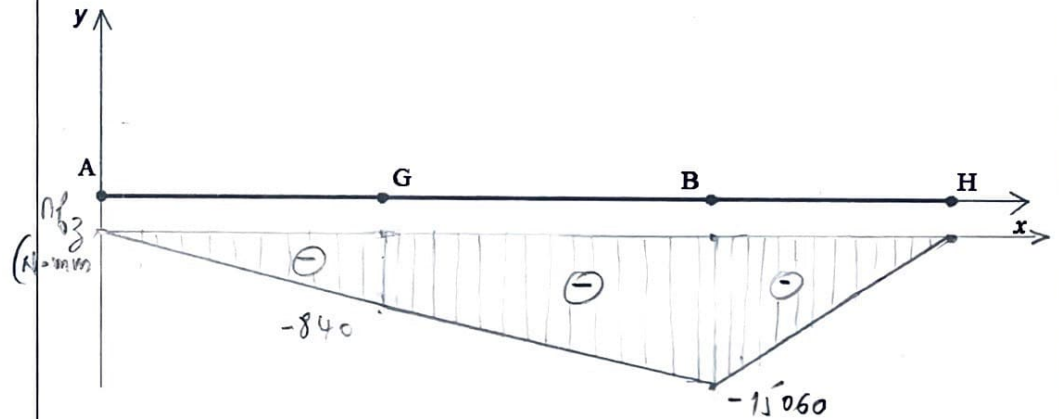
$$M_{fz} = -(F_1 x + F_2 (x-120)) = -fx - 72(x-120)$$

$$\text{si } x=120, M_{fz} = -8400 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad x=300, M_{fz} = -15060 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

* [BH]: $300 \leq x \leq 400$

$$M_{fz} = -F_4 (400 - x) = -150,6(400 - x)$$

$$x=300, M_{fz} = -15060 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad x=400, M_{fz} = 0$$



IV.1.6) Déduire la section la plus sollicitée en flexion. 0,25 pt

Au pt B

IV.1.7) Pour le diamètre trouvé en IV.1.1), vérifier la résistance de cette section vis-à-vis de la flexion. 0,5 pt

$$\frac{M_{f\max}}{I_{Gz}} \times \frac{d}{2} \leq \left(\frac{\sigma_c}{\lambda}\right) = 40$$

$$\frac{15060}{\pi \cdot (30)^3} \times \frac{30}{2} = \frac{32 \times 15060}{\pi \cdot (30)^3} = 5,68 \text{ MPa} < 40 \text{ MPa}$$

UNIVERSITE DE DAKAR - BACCALAUREAT DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE TECHNIQUE		
Durée : 4 h	Epreuve	Série : T1
Coefficient : 4	MECANIQUE	1 ^{er} Groupe
Feuille N° 5/6	Echelle	Code : 2023TT109NA0133