

AMELIORATION DES COMMANDES DE
GAUCHISSEMENT SUR BI-REACTEUR LEGER

CORRIGÉ

Proposition de barème :

Partie 1 : Thermodynamique : 15 points

Partie 2 : Méca RDM : 16 points

Partie 3 : Electricité : 16 points

Partie 4 : Méca Flux : 8 points

Partie 5 conclusion : 5 points

Total sur 60 points

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis	CORRIGÉ 1/12

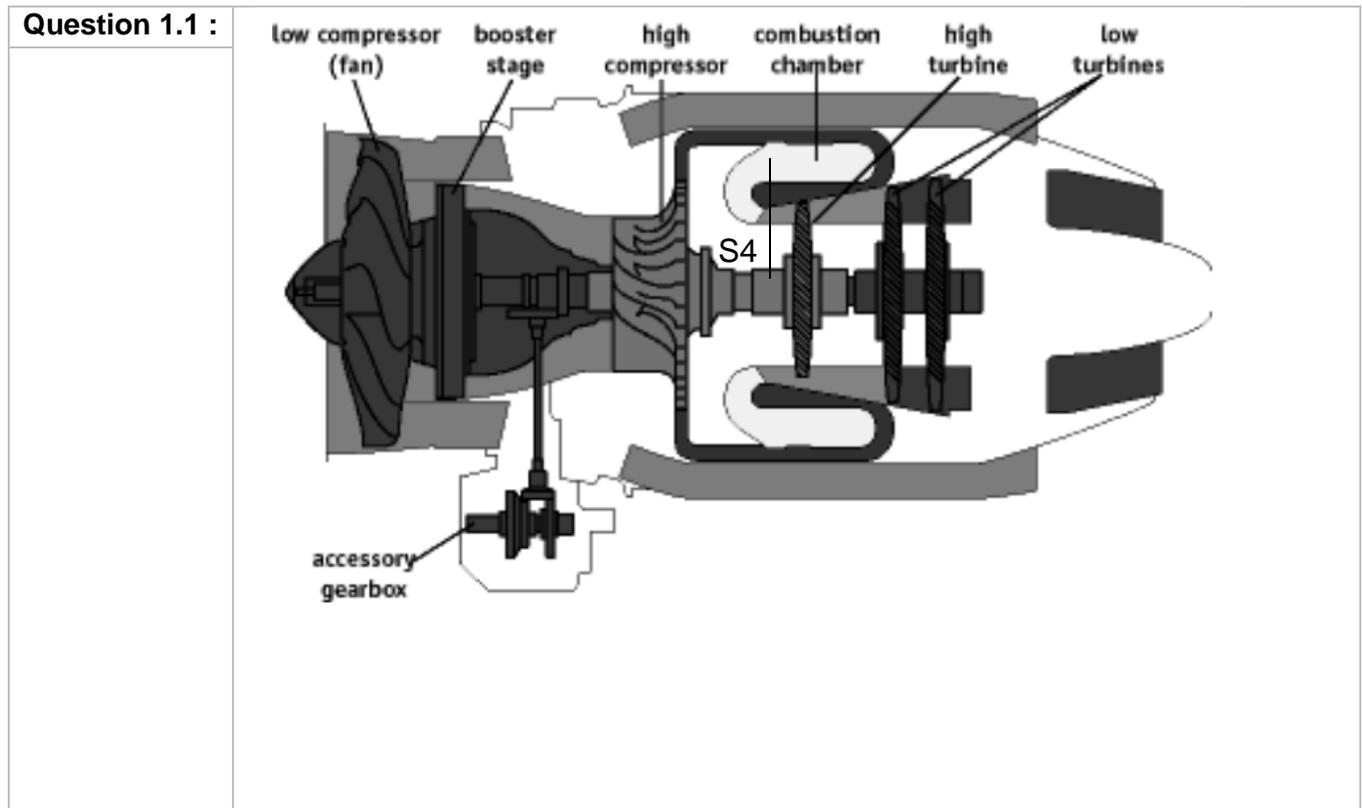
PARTIE 1 - THERMODYNAMIQUE

La qualité de la rédaction et de la présentation de la copie sera prise en compte dans la notation.

Les croquis notamment devront être soignés et spontanément présents s'ils aident à la compréhension des explications.

Les hypothèses simplificatrices seront écrites et assumées par le candidat.

Schématisation du TurboFan



Répartition 2 moteurs

Question 1.2 :	Les 2 moteurs contribuant à la poussée totale appliquée à l'aéronef : Chaque moteur fournira un supplément de $420/2=210$ N $210 / 10\ 560$ N = 1,99 soit 2 % de traînée supplémentaire due au nouveau tab.
-----------------------	---

Pompage

Question 1.3 :	Le pompage turbine est un phénomène qui se traduit par une fluctuation de puissance. Cela peut-être lié à un décrochage du compresseur. Si on laisse ces oscillations se produire et s'amplifier, cela peut créer des fluctuations de puissance et de températures hors limites et donc des dommages irréversibles à la turbine.
-----------------------	---

Dispositifs de correction du pompage

Question 1.4 :	Systèmes VBV (Variable Bleed Valve) Décharge par soupage (clapet taré à un certain seuil d'ouverture) Les valve VBV permettent par leur ouverture de faire chuter la pression au sein du compresseur et donc d'éviter le retournement du flux provoquant le pompage.
-----------------------	--

Diagramme Pression Volume

Question 1.5 :	
-----------------------	--

Température T3

Question 1.6 :	<p>$T_0 = 252 \text{ K}$ à 18 000 ft en conditions ISA (288 K à l'altitude 0)</p> <p>En conditions isentropiques (dans le flux chaud) $T_3/T_0 = (P_3/P_0)^{\text{exposant } (1,4-1)/1,4}$</p> <p>Donc $T_3 = 378 \text{ K}$</p> <p>$W_{\text{comp}} = m \cdot c_p \cdot (T_3 - T_1) = 24,45 \times 1000 \times (378 - 252) = 3,106 \text{ MJ}$</p>
-----------------------	---

Combustion et température T4 initiale

Question 1.7 :	<p>La chaleur fournie par la combustion peut s'écrire :</p> <p>$Q_{\text{comb}} = q_c \times P_{ci} = q_{m_{\text{air}}} \times C_{p_{\text{air}}} (T_4 - T_3)$</p> <p>Donc $T_4 = T_3 + ((q_c \times P_{ci}) / (q_{m_{\text{air}}} \times C_{p_{\text{air}}})) = 378 + 558 = 936 \text{ K}$</p>
-----------------------	--

Evolution de la consommation

Question 1.8 :	Si l'on remplace $q_c = 0,310$ kg/s par $q_{c\text{bis}} = 0,315$ kg/s, on obtient à présent :
	$T_4 = 378 + 567 = 945$ K soit une augmentation de la température turbine de 9 K. Ceci va donc contribuer à augmenter le fluage des aubes de turbine.

Consommation spécifique C_s

Question 1.9 :	$C_s = q_c / \text{poussée} = 0,315 / (11050 / 2) = 5,7 \cdot 10^{-5}$ kg.s ⁻¹ .N ⁻¹
-----------------------	--

Question 1.10 :	Oui, risque de déformation des aubes.
------------------------	---------------------------------------

Distance franchissable

Question 1.11 :	Une simple règle de trois permet de répondre :
	$2200 \times (0,31/0,315) = 2165$ km
	Donc le % recherché est obtenu ainsi :
	$(2200 - 2165) / 2200 = 1,59$ %
	On constate qu'il est nettement inférieur aux 4 % imposé comme limite.
	La solution est donc valide !

PARTIE 2 – MECANIQUE - RDM

Pour info : $\|\vec{F}_{maxi}\| = 1200$ N correspond à une pression uniformément répartie sur le tab de

$$p = \frac{1200}{70 \cdot 10^{-3} \times 700 \cdot 10^{-3}} \approx 24490 \text{ N/m}^2 \approx 0,24 \text{ bar}$$

Question 2.1 :	$\vec{E}_{1, S3 \rightarrow S5} = 800$ N Voir corrigé page CORRIGE 11/12
DR 1/4	

Question 2.2 :	Compression Simple
DR 1/4	

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis	CORRIGÉ 4/12

Pour info :

CD ($|CD|=32\text{mm}$) et CB ($|CB|=62\text{mm}$)

Question 2.3 :	$\left\{ T_{S4 \rightarrow S2 \text{ au point C}} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l l} X_{C, S4 \rightarrow S2} & L_{C, S4 \rightarrow S2} \\ Y_{C, S4 \rightarrow S2} & M_{C, S4 \rightarrow S2} \\ Z_{C, S4 \rightarrow S2} & 0 \end{array} \right\}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$

Question 2.4 :	$\left\{ T_{S4 \rightarrow S2 \text{ au point C}} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l l} 1040 & 10,4 \\ -436 & 0 \\ -325 & 0 \end{array} \right\}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$ $\left\{ T_{S1 \rightarrow S2 \text{ au point B}} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{l l} 0 & 0 \\ 436 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$ <p>Unités Forces : N Moment d'action mécanique : N.mm</p>

Question 2.5 :	La trajectoire du point B appartenant au renvoi de commande de tab repère S2 dans son mouvement par rapport à l'aileron gauche repère S4 est un arc de cercle de centre C et de rayon [CB].
DR 2/4	

Question 2.6 :	Voir corrigé page CORRIGE 12/12
DR 2/4	

Question 2.7 :	L'expression littérale de la course de la tige de l'actionneur linéaire électrique du système trim tab commandé est :
DR 2/4	$C_{tige} = \ \overrightarrow{AB_2}\ - \ \overrightarrow{AB_1}\ $

Question 2.8 :	$C_{tige} = \ \overrightarrow{AB_2}\ - \ \overrightarrow{AB_1}\ \approx 211 - 180 \approx 31 \text{ mm}$
DR2/4	

Question 2.9 :	$V_{moyenne \ tige} = \frac{C_{tige}}{t_{maxi}} = \frac{32}{15} \approx 2,13 \text{ mm/s}$

Question 2.10 :	Quel que soit la position angulaire du tab +15° ou -15° la valeur maximale de l'effort que doit exercer l'action linéaire électrique pour manœuvrer le tab est de : $F_{Actionneur \ maxi} = 550 \text{ N}$

Question 2.11 :	$P_{Actionneur \ mini} = F_{Actionneur \ maxi} \times V_{moyenne \ tige}$
	$P_{Actionneur \ mini} = 550 \times 2,13 \cdot 10^{-3} \approx 1,16 \text{ W}$

Pour info :

$$\omega_{nom} = \frac{\pi \times N_{nom}}{30} = \frac{\pi \times 7800}{30} \approx 816,8 \text{ rad/s}$$

$$P_{nom} = C_{nom} \times \omega_{nom} = 50.10^{-3} \times 816,8 = 40,84 \text{ W}$$

$$\eta_{elec} = \frac{P_u}{P_a} = \frac{40,84}{28 \times 1,82} \approx 0,8$$

Question 2.12 :	D'après les trois critères énoncés ci-dessus le modèle d'actionneur linéaire électrique qui convient est :ALE-28DC82W50
------------------------	---

PARTIE 3 – Electricité Théorique

Etude de la modification du câblage et des protections

Question 3.1 :	Fil en toron dans une gaine, régime continu : Densité maxi = 5 A/mm ² $S_{mini} = \frac{I}{\text{Densité max}} = \frac{3,64}{5} = 0,73 \text{ mm}^2$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jauge AWG (*)</th> <th>Diamètre mm</th> <th>Section mm²</th> <th>Résistance (Ω) pour 100 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>8,25</td><td>53,46</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>2</td><td>6,54</td><td>33,59</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>4</td><td>5,19</td><td>21,16</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>6</td><td>4,12</td><td>13,33</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>8</td><td>3,26</td><td>8,35</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>10</td><td>2,59</td><td>5,27</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>12</td><td>2,05</td><td>3,30</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>14</td><td>1,63</td><td>2,09</td><td>0,8</td></tr> <tr><td>16</td><td>1,29</td><td>1,31</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>18</td><td>1,02</td><td>0,82</td><td>2,1</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,81</td><td>0,52</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>22</td><td>0,64</td><td>0,32</td><td>5,4</td></tr> <tr><td>24</td><td>0,51</td><td>0,20</td><td>8,5</td></tr> <tr><td>26</td><td>0,40</td><td>0,13</td><td>13,7</td></tr> <tr><td>28</td><td>0,32</td><td>0,08</td><td>21,5</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,25</td><td>0,05</td><td>35,2</td></tr> </tbody> </table>	Jauge AWG (*)	Diamètre mm	Section mm ²	Résistance (Ω) pour 100 m	0	8,25	53,46	0,0	2	6,54	33,59	0,1	4	5,19	21,16	0,1	6	4,12	13,33	0,1	8	3,26	8,35	0,2	10	2,59	5,27	0,3	12	2,05	3,30	0,5	14	1,63	2,09	0,8	16	1,29	1,31	1,3	18	1,02	0,82	2,1	20	0,81	0,52	3,4	22	0,64	0,32	5,4	24	0,51	0,20	8,5	26	0,40	0,13	13,7	28	0,32	0,08	21,5	30	0,25	0,05	35,2
Jauge AWG (*)	Diamètre mm		Section mm ²	Résistance (Ω) pour 100 m																																																																		
0	8,25	53,46	0,0																																																																			
2	6,54	33,59	0,1																																																																			
4	5,19	21,16	0,1																																																																			
6	4,12	13,33	0,1																																																																			
8	3,26	8,35	0,2																																																																			
10	2,59	5,27	0,3																																																																			
12	2,05	3,30	0,5																																																																			
14	1,63	2,09	0,8																																																																			
16	1,29	1,31	1,3																																																																			
18	1,02	0,82	2,1																																																																			
20	0,81	0,52	3,4																																																																			
22	0,64	0,32	5,4																																																																			
24	0,51	0,20	8,5																																																																			
26	0,40	0,13	13,7																																																																			
28	0,32	0,08	21,5																																																																			
30	0,25	0,05	35,2																																																																			
Question 3.2 :	Pour une section minimale de 0,73 mm ² , il faut prendre un câblage de jauge 18 (0,82 mm ²)																																																																					

Question 3.3 :	Non, cette jauge n'est pas compatible avec celle actuellement sur avion qui est en jauge 20 (0,52 mm ²).
-----------------------	--

Chute de tension en ligne

Question 3.4 :	<p>Chute de tension $U_{max} = R_{ligne max} \times I_{max}$</p> $R_{ligne max} = \frac{U_{max}}{I_{max}} = \frac{0,5}{3,64} = 0,13736 \Omega$ $R_{ligne max} = \frac{\rho \times L_{max}}{S_{mini}}$ $S_{mini} = \frac{\rho \times L_{max}}{R_{ligne max}} = \frac{1,7.10^{-8} \times 8}{0,13736} = 9,9.10^{-7} m^2 = 0,99 \text{ mm}^2$
-----------------------	--

Question 3.5 :	Pour une section minimale de 0,99 mm ² , il faut prendre une jauge de câble de 16 (1,31 mm ²)
-----------------------	--

Question 3.6 :	En fonction des jauges de câble que vous avez trouvées aux questions 3.2 et 3.5, donner celle qu'il faut utiliser sur avion pour l'application de la solution 1.
-----------------------	--

Question 3.8 : Jauge 18 mini (0,82 mm²)

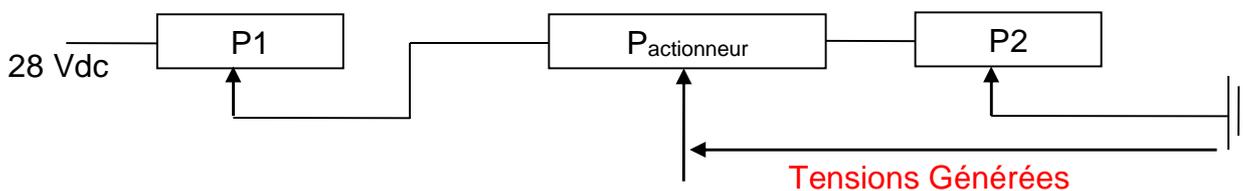
Question 3.11 : Jauge 16 mini (1,31 mm²)

On installera donc sur avion la section la plus grande c'est-à-dire la jauge 16 sinon la chute de tension en ligne sera trop grande par rapport à celle défini dans le cahier des charges.

Etude de la chaine de mesure de position du tab

Etude avant modification (Actionneur ALE-28DC41W40 et Potentiomètres P1 et P2 réglés sur 10 KΩ)

Question 3.7 :	Sachant que le potentiomètre de l'actionneur à une course utile de +/- 15 mm par rapport à son point milieu, calculez les tensions générées vers l'afficheur pour le point milieu et les 2 points extrêmes.
DT 4/11	



Potentiomètre $P_{actionneur} = 40\text{ K}\Omega$ pour 40 mm de course.

Par rapport à la masse, il y aura 3 valeurs de résistance suivant le réglage de l'actionneur.

$$\text{Au point bas, } R_{equivalent} = R_{actionneur} + P_2 = \frac{5}{40} P_{actionneur} + P_2 = \frac{5}{40} * 40000 + 10000 = 15\ 000\ \Omega$$

$$\text{Au point milieu, } R_{equivalent} = R_{actionneur} + P_2 = \frac{20}{40} P_{actionneur} + P_2 = \frac{20}{40} * 40000 + 10000 = 30\ 000\ \Omega$$

$$\text{Au point haut, } R_{equivalent} = R_{actionneur} + P_2 = \frac{35}{40} P_{actionneur} + P_2 = \frac{35}{40} * 40000 + 10000 = 45\ 000\ \Omega$$

$$\text{Au point bas, } Tensions\ g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es = 28 * \frac{R_{equivalent}}{R_{total}} = 28 * \frac{15\ 000}{60\ 000} = 7\ V$$

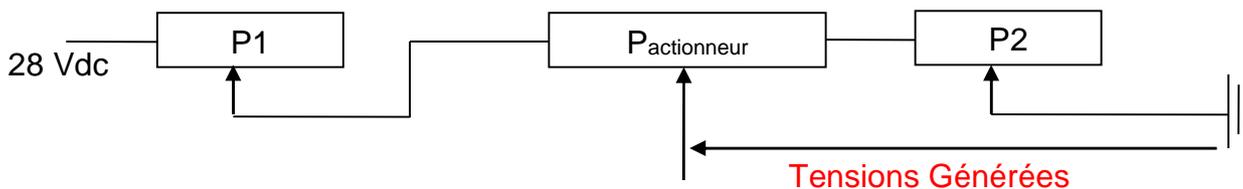
$$\text{Au point milieu, } Tensions\ g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es = 28 * \frac{R_{equivalent}}{R_{total}} = 28 * \frac{30\ 000}{60\ 000} = 14\ V$$

$$\text{Au point haut, } Tensions\ g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es = 28 * \frac{R_{equivalent}}{R_{total}} = 28 * \frac{45\ 000}{60\ 000} = 21\ V$$

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis	CORRIGÉ 7/12

Etude après modification (Actionneur ALE-28DC82W50)

Question 3.8 :	Sachant que le potentiomètre de l'actionneur à une course utile de +/- 15 mm par rapport à son point milieu, calculez le réglage des potentiomètres P1 et P2 pour que les tensions générées vers l'afficheur au 3 points étudiés à la question 3.7 soient identiques.
DT 4/11	



Potentiomètre $P_{\text{actionneur}} = 50 \text{ K}\Omega$ pour 50 mm de course.

Pour que les tensions générées soient les mêmes, il faut que les valeurs de résistance équivalente aux 3 points soient identiques.

Au point bas,

$$R_{\text{equivalent}} = R_{\text{actionneur}} + P_2 = \frac{10}{50} P_{\text{actionneur}} + P_2 = 15\,000 \, \Omega$$

$$P_2 = 15\,000 - \frac{10}{50} P_{\text{actionneur}} = 15\,000 - \frac{10}{50} * 50\,000 = 5\,000 \, \Omega$$

Les potentiomètres P1 et P2 doivent être réglés à 5 KΩ

PARTIE 4 – Mécanique des fluides

Question 4.1 :	Donner l'équation littérale permettant de calculer le diamètre du piston du vérin. Faire l'application numérique en arrondissant votre résultat au mm.
-----------------------	--

$$1^{\circ}) F = p_B \times S_B - p_A \times S_A$$

$$F = p_B \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) - p_A \frac{\pi}{4} D^2$$

$$F = \frac{\pi}{4} (p_B D^2 - p_B d^2 - p_A D^2)$$

$$F = \frac{\pi}{4} [D^2 (p_B - p_A) - p_B d^2]$$

$$D = \sqrt{\frac{\frac{4F}{\pi} + p_B d^2}{p_B - p_A}} = \sqrt{\frac{\frac{4 \times 5000}{\pi} + 34,5 \cdot 10^5 \times (15 \cdot 10^{-3})^2}{(34,5 - 2,5) \cdot 10^5}}$$

$$D = 0,0472 \text{ m}$$

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis	CORRIGÉ 8/12

Question 4.2 :	Calculer le débit volumique du fluide dans l'alimentation de la chambre B du vérin. On prendra un diamètre de piston de 45mm.
-----------------------	---

$$2^{\circ}) q_v = v S = v \times \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$q_v = 0,5 \times \frac{\pi}{4} [(45 \cdot 10^{-3})^2 - (15 \cdot 10^{-3})^2]$$

$$q_v = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Question 4.3 :	Calculer le diamètre de la tuyauterie d'alimentation de la chambre HP du vérin. Si la vitesse du fluide est au maximum de 0,5 m. s ⁻¹ dans la tuyauterie, le diamètre de la tuyauterie devra-t-il être supérieur ou inférieur à la valeur calculée ?
-----------------------	---

$$3^{\circ}) q_v = v_T \cdot S_T = v_T \cdot \frac{\pi}{4} d_T^2$$

$$d_T = \sqrt{\frac{4 q_v}{\pi v_T}} = \sqrt{\frac{4 \times 7,07 \cdot 10^{-4}}{\pi \times 0,5}} = 0,0134 \text{ m}$$

$$d_T > 13,4 \text{ mm}$$

Question 4.4 :	Calculer le nombre de Reynolds de l'écoulement dans la tuyauterie d'alimentation de la chambre HP du vérin et en déduire le type d'écoulement.
-----------------------	--

$$4^{\circ}) Re = \frac{v D}{\nu} = \frac{0,5 \times 13,4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-6}} = 7444$$

Écoulement turbulent

Question 4.5 :	Calculer les pertes de charges linéaires en Joule/kg et en Pascal dans cette tuyauterie HP.
-----------------------	---

$$5^{\circ}) \lambda = (100 Re)^{-0,25} = (100 \cdot 7444)^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,034$$

$$\Delta J_L = \frac{1}{2} v^2 \lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{2} 0,5^2 \cdot 0,034 \cdot \frac{8}{0,0134} = 254 \text{ J/kg}$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \lambda \frac{l}{D} = \Delta J_L \times \rho = 254 \times 780 = 198000 \text{ Pa}$$

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis
	CORRIGÉ 9/12

Question 4.6 :	Calculer la puissance hydraulique de la pompe après avoir noté, sur le document réponse DR 4/4 , les points 1 et 2 de départ et d'arrivée de la résolution.
-----------------------	--

6° Bernoulli

$$\frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1) + g (h_2 - h_1) = \frac{P}{Q_m} - \Delta J_L$$

$$P = Q_m \rho \left[\frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1) + g (h_2 - h_1) + \Delta J_L \right]$$

$$P = 7,07 \cdot 10^{-4} \cdot 780 \left[\frac{1}{2} \times 5^2 + \frac{1}{780} (34,5 - 2,5) \cdot 10^5 + 9,81 \times 1 + 254 \right]$$

$$P = 2414 \text{ W}$$

Question 4.7 :	Calculer la puissance électrique consommée par le moteur électrique qui entraîne cette pompe.
-----------------------	---

7° $\eta = \frac{P_u}{P_a} \Leftrightarrow P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{2414}{0,94} = 2570 \text{ W.}$

PARTIE 5 – Conclusion

Question 5.1 :	En fonction de vos résultats trouvés aux questions précédentes, quelle solution vous parait la plus adaptée si l'on considère que le but du constructeur est un gain de fiabilité et de poids.
-----------------------	--

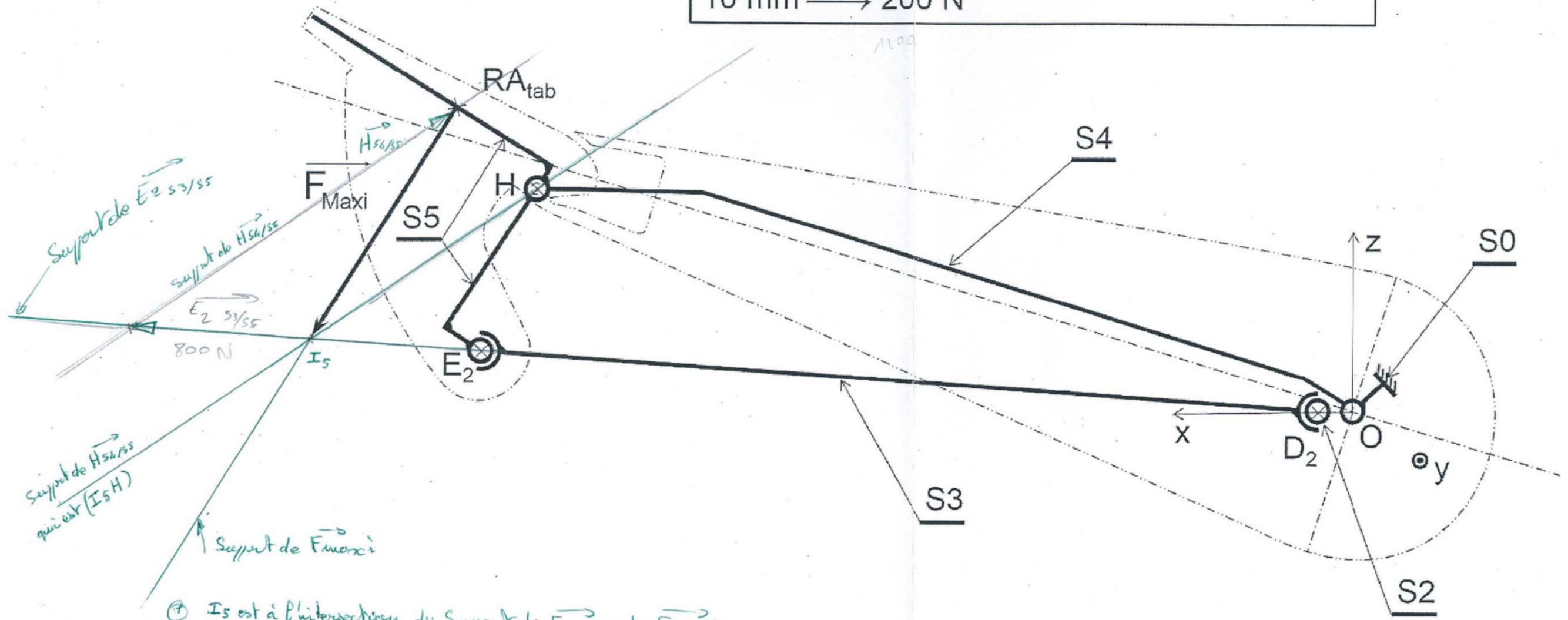
Le changement du moteur électrique de tab (solution 1) entraîne une surconsommation de 41 W et le changement d'une jauge de câble alors que la solution 2 (par hydraulique) entraîne la mise en place d'une pompe électrique de 2570 W et l'installation de tuyauteries donc c'est la solution 1 qui est la plus adaptée par rapport au modification à envisager.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2016
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT/bis	CORRIGÉ 10/12

Question 2.1 : Déterminer graphiquement sur le schéma cinématique du système trim tab commandé proposé sur le document réponse **DR 1/4**, dans la position qu'occupe le système sur le document, l'effort exercé par le sous ensemble tab repère S5 (de nouvelle génération) sur la biellette de commande de tab repère S3. Nous noterons cet effort $\vec{E}_{2,S3-S5}$:

DR 1/4

Échelle de représentation des vecteurs forces:
10 mm \longrightarrow 200 N



- ① I_5 est à l'intersection du support de $\vec{E}_{2,S3/S5}$ et \vec{F}_{Maxi}
- ② Tracer le support de $\vec{H}_{S4/S5}$ qui est (I_5H)
- ③ Déplacer de façon // le support de $\vec{H}_{S4/S5}$ en RA_{tab}
- ④ $\sum \vec{F}_{ext\ S5} = \vec{0}$ $\vec{F}_{Maxi} + \vec{E}_{2,S3/S5} + \vec{H}_{S4/S5} = \vec{0}$
- ⑤ $\|\vec{E}_{2,S3/S5}\| \Rightarrow 4\text{ cm} \Rightarrow 800\text{ N}$

Échelle : Non précisée

Question 2.6 :

Déterminer et positionner sur le document réponse **DR 2/4** le point B1 (Vérin rentré) et le point B2 (vérin sorti) appartenant au renvoi de commande extrêmes qu'occupe ce dernier de part et d'autre de sa position neutre B0.

Nous supposons que le débattement angulaire du renvoi de commande de tab repère S2 est de $+15^\circ$ et -15° autour de la position neutre B0.

