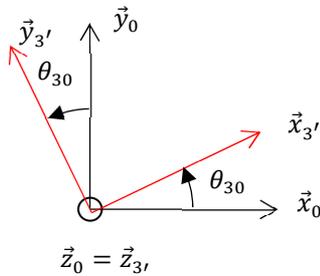


Simulateur de vol pour la formation de pilotes en aéroclub
(extrait du sujet Centrale PSI 2017)
Eléments de correction

Q2-



$$\vec{\Gamma}_{G3',3'/0} = \left(\frac{d\vec{V}_{G3',3'/0}}{dt} \right)_{R_0} = v_a \vec{x}_{3'} + v_a \dot{\theta}_{30} \vec{y}_{3'}$$

$$\vec{\Gamma}_a = -\vec{\Gamma}_{G3',3'/0} - g\vec{y}_0 = (-v_a - g \sin \theta_{30})\vec{x}_{3'} + (-v_a \dot{\theta}_{30} - g \cos \theta_{30})\vec{y}_{3'}$$

Q3-

A partir de la zone 2 où l'évolution de l'angle θ_{30} peut-être assimilée à une droite, on peut donc proposer une valeur numérique à $\dot{\theta}_{30}$ de : $\dot{\theta}_{30} = \frac{11,7-7,1}{1,4-1,13} = 17,0 \text{ } ^\circ \cdot \text{s}^{-1} = 0,3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

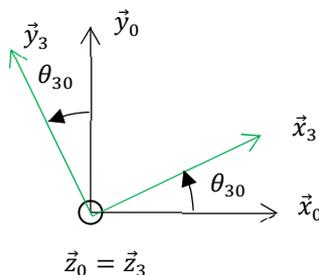
L'angle θ_{30} reste faible, avec une valeur moyenne dans la zone 2 de $9,4^\circ$, on peut approximer la valeur de son cosinus à 1 (le cosinus varie de 1 à 0,98, l'approximation est donc convenable).

Dans ces conditions, $\vec{\Gamma}_a \cdot \vec{y}_{3'} \approx -v_a \dot{\theta}_{30} - g$. On relève une valeur de $\vec{\Gamma}_a \cdot \vec{y}_{3'}$ de $-26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ sur la figure 5 soit une vitesse v_a de :

$$v_a = \frac{16}{0,3} = 53,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 192 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

L'écart entre la mesure effectuée par la centrale inertielle et la vitesse indiquée par le pilote lors de l'essai est de 4% environ. Ce qui semble convenable vue les approximations faites.

Q4-



$$\vec{\Gamma}_{G3,3/0} = \left(\frac{d\vec{V}_{G3,3/0}}{dt} \right)_{R_0} = \dot{v}_c \vec{y}_0$$

$$\vec{\Gamma}_c = -\vec{\Gamma}_{G3,3/0} - g\vec{y}_0 = -(\dot{v}_c + g) \sin \theta_{30} \vec{x}_3 + -(\dot{v}_c + g) \cos \theta_{30} \vec{y}_3$$

Q5-

Si on considère θ_{30} proche de 0 rad, alors $\vec{\Gamma}_c \cdot \vec{y}_3 \approx -(\dot{v}_c + g) = -25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ce qui est très proche des $-26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ relevés sur la figure 5 pour $\vec{\Gamma}_a \cdot \vec{y}_{3'}$.

L'aire sous la courbe de la vitesse est de 9 carreaux de $5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ m}$, cette aire correspondant directement à l'évolution de la position verticale Δy du point G_3 .

$$\text{D'où : } \Delta y \approx \frac{3 \times 15}{2} = 22,5 \text{ m}$$

Cette amplitude est beaucoup trop grande vis-à-vis de la hauteur sous plafond demandée par l'exigence « 2.1 » qui est de moins de 2,5 m.

Q10-

Si on suit les indications de l'énoncé :

Fermeture OABCEO :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CE} + \overrightarrow{EO} &= \vec{0} \\ r\vec{x}_1 + l\vec{y}_2 - d_{32}\vec{x}_3 - h_3\vec{y}_3 - l\vec{x}_6 + d_{02}\vec{x}_0 - h_{01}\vec{y}_0 &= \vec{0} \end{aligned}$$

$$\text{Suivant } \vec{x}_0 : r \cos \theta_{10} - l \sin \theta_{20} - d_{32} \cos \theta_{30} + h_3 \sin \theta_{30} - l \cos \theta_{60} + d_{02} = 0 \quad (1)$$

$$\text{Suivant } \vec{y}_0 : r \sin \theta_{10} + l \cos \theta_{20} - d_{32} \sin \theta_{30} - h_3 \cos \theta_{30} - l \sin \theta_{60} - h_{01} = 0 \quad (2)$$

Fermeture HIDCEH :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{HI} + \overrightarrow{ID} + \overrightarrow{DC} + \overrightarrow{CE} + \overrightarrow{EH} &= \vec{0} \\ r\vec{x}_5 + l\vec{y}_4 + d_{31}\vec{x}_3 - h_3\vec{y}_3 - l\vec{x}_6 + d_{01}\vec{x}_0 - h_{01}\vec{y}_0 &= \vec{0} \end{aligned}$$

$$\text{Suivant } \vec{x}_0 : r \cos \theta_{50} - l \sin \theta_{40} + d_{31} \cos \theta_{30} + h_3 \sin \theta_{30} - l \cos \theta_{60} + d_{01} = 0 \quad (3)$$

$$\text{Suivant } \vec{y}_0 : r \sin \theta_{50} + l \cos \theta_{40} + d_{31} \sin \theta_{30} - h_3 \cos \theta_{30} - l \sin \theta_{60} - h_{01} = 0 \quad (4)$$

$$\text{Ensuite : } (3) - (1) \Rightarrow r(\cos \theta_{50} - \cos \theta_{10}) - l(\sin \theta_{40} - \sin \theta_{20}) + \underbrace{(d_{31} + d_{32})}_{d} \cos \theta_{30} + \underbrace{d_{01} - d_{02}}_d = 0$$

$$\text{D'où : } \lambda_1 = r ; \lambda_2 = l ; \lambda_3 = d$$

On retrouve la deuxième égalité en faisant (4)-(2) et on a la même identification.

Ou plus rapidement

$$\overrightarrow{HI} + \overrightarrow{ID} + \overrightarrow{DB} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AO} + \overrightarrow{OH} = \vec{0}$$

$$r\vec{x}_5 + l\vec{y}_4 + d\vec{x}_3 - l\vec{y}_2 - r\vec{x}_1 - d\vec{x}_0 = \vec{0}$$

$$\text{Suivant } \vec{x}_0 : r \cos \theta_{50} - l \sin \theta_{40} + d \cos \theta_{30} + l \sin \theta_{20} - r \cos \theta_{10} - d = 0$$

$$\Leftrightarrow r(\cos \theta_{50} - \cos \theta_{10}) - l(\sin \theta_{40} - \sin \theta_{20}) + d \cos \theta_{30} - d = 0$$

$$\text{Suivant } \vec{y}_0 : r \sin \theta_{50} + l \cos \theta_{40} + d \sin \theta_{30} - l \cos \theta_{20} - r \sin \theta_{10} = 0$$

$$\Leftrightarrow r(\sin \theta_{50} - \sin \theta_{10}) + l(\cos \theta_{40} - \cos \theta_{20}) + d \sin \theta_{30} = 0$$

Q11-

Si $r \ll l$, on obtient l'équation simplifiée suivante : $-2r \sin \theta_{10} + d \sin \theta_{30} = 0$

$$\theta_{30} \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right] \Rightarrow \theta_{30} = \arcsin \frac{2r \sin \theta_{10}}{d}$$

Q12-

L'écart entre les 2 modèles dans la zone zoomé (où l'écart semble le plus grand) reste constant d'environ $0,3^\circ$. Cela représente un écart maxi relatif de : $\frac{0,3}{10,3} \approx 0,03 = 3 \% < 5 \%$

L'hypothèse relative au dispositif bielle manivelle est donc pertinente ici.

Q13-

θ_{30} varie linéairement en fonction de θ_{10} autour de du point de fonctionnement $(0^\circ, 0^\circ)$ sur la figure 10 :

$$\theta_{30} \approx \frac{10 - (-10)}{40 - (-40)} \theta_{10} = 0,25\theta_{10}$$

Q14-

Pour $0 \leq t \leq t_1$:	$\omega_m = \frac{\omega_{max}}{t_1} \times t$	$\theta_m = \frac{\omega_{max}}{t_1} \times \frac{t^2}{2}$
Pour $t_1 \leq t \leq t_2$:	$\omega_m = \omega_{max}$	$\theta_m = \frac{\omega_{max}t_1}{2} + \omega_{max} \times (t - t_1) \Rightarrow \theta_m = \omega_{max} \left(t - \frac{t_1}{2} \right)$
Pour $t_2 \leq t \leq t_3$:	$\omega_m = \omega_{max} - \frac{\omega_{max}}{t_3 - t_2} (t - t_2)$	$\theta_m = \omega_{max} \left(t_2 - \frac{t_1}{2} \right) + \omega_{max}(t - t_2) - \frac{\omega_{max}(t - t_2)^2}{2 \times (t_3 - t_2)}$ $\theta_m = \omega_{max} \left(t - \frac{t_1}{2} \right) - \frac{\omega_{max}(t - t_2)^2}{2(t_3 - t_2)}$

Q15-

La figure 5 zone 2 en condition de vols sévères donne une vitesse d'environ $\dot{\theta}_{30} = 0,3 \text{ rad. s}^{-1}$.

On a trouvé à la question 13 : $\dot{\theta}_{10} = 4 \times \dot{\theta}_{30}$ pour $\theta_{30} \in [-10^\circ; 10^\circ]$

Avec le rapport de transmission de 1/100, on a : $\omega_m = 400 \times 0,3 = 120 \text{ rad. s}^{-1}$

Etant donné que la valeur de $\dot{\theta}_{30} = 0,3 \text{ rad. s}^{-1}$ était obtenue dans des conditions sévères, la valeur de consigne en vitesse ω_{max} de 120 rad. s^{-1} semble raisonnable.

Q27-

Sur la figure 18, on a une accélération quasi constante suivant \vec{y}_3 de -10 m. s^{-2} ce qui donne un écart maxi avec la figure 5 de 15 m. s^{-2} ! ce qui correspond environ à 1,5g, beaucoup trop grand vis-à-vis du cahier des charges qui stipulait un écart maxi de 0,2 g (exigence 1.1.1.).

En observant de plus près l'échelle de temps, on se rend compte que les sollicitations au niveau du simulateur de la figure 18 se font sur un temps 2 fois plus long qu'en conditions réelles. Les pilotes ne pourront donc pas se satisfaire du simulateur s'ils veulent s'expérimenter à des conditions sévères.

Le simulateur ne possède pas de course suffisante pour obtenir le genre d'accélération souhaitée (cf Q5), l'encombrement serait beaucoup trop grand.

Néanmoins, le simulateur pourra certainement convenir pour simuler des phases de vols classiques de décollage, d'atterrissage et de vols de croisière.