

Simulateur de conduite (d'après CCP PSI 2014) Corrigé

- Q1.** Zone 1 : Accélération ligne droite (acc longitudinale > 0)
 Zone 2 : freinage ligne droite (acc longitudinale < 0)
 Zone 3 : virage à droite (acc latérale < 0)+ freinage à la fin
 Zone 4 : virage à gauche (acc latérale > 0)

Les zones entourées correspondent aux changements de rapport de la boîte vitesse.

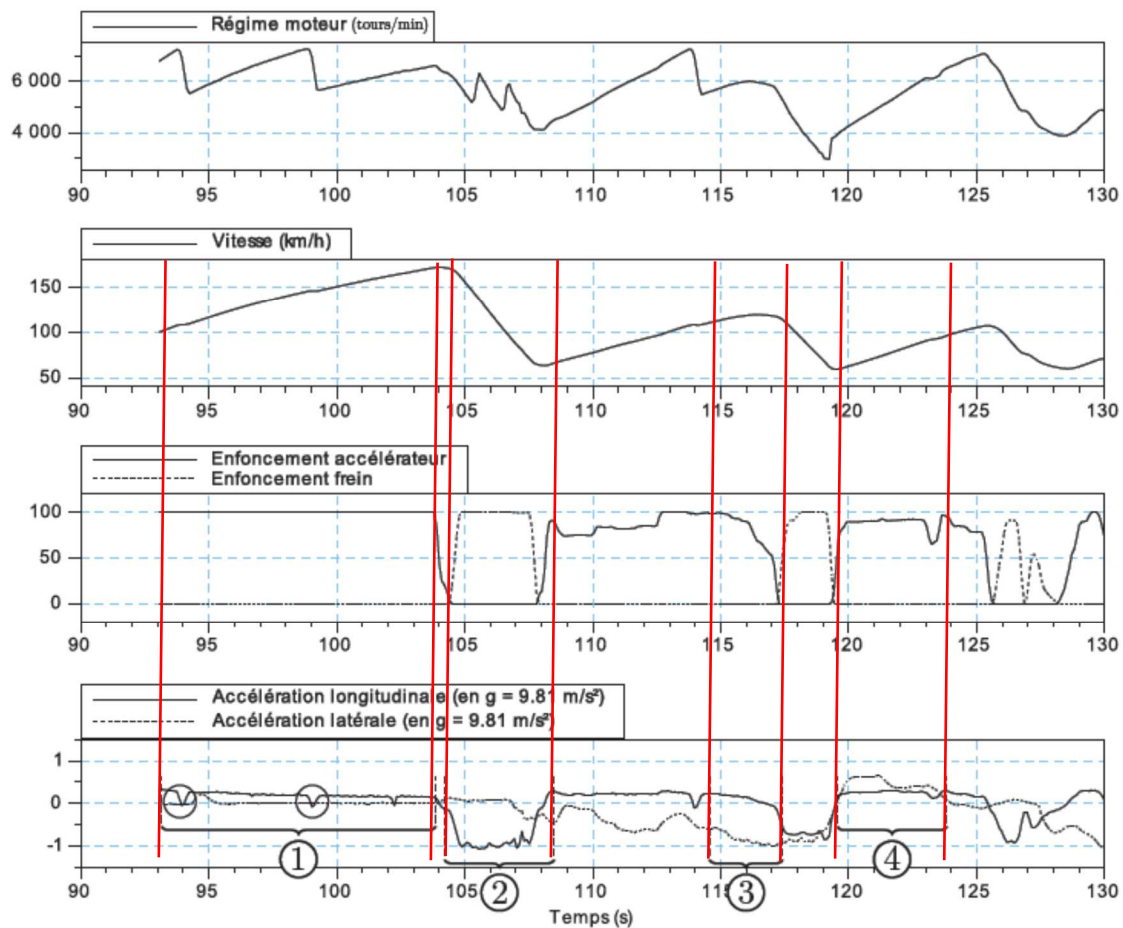


Figure 4 - Données extraites du jeu vidéo sur une portion de circuit

- Q2.** Distances parcourues pendant la phase de montée et la phase à accélération constante.

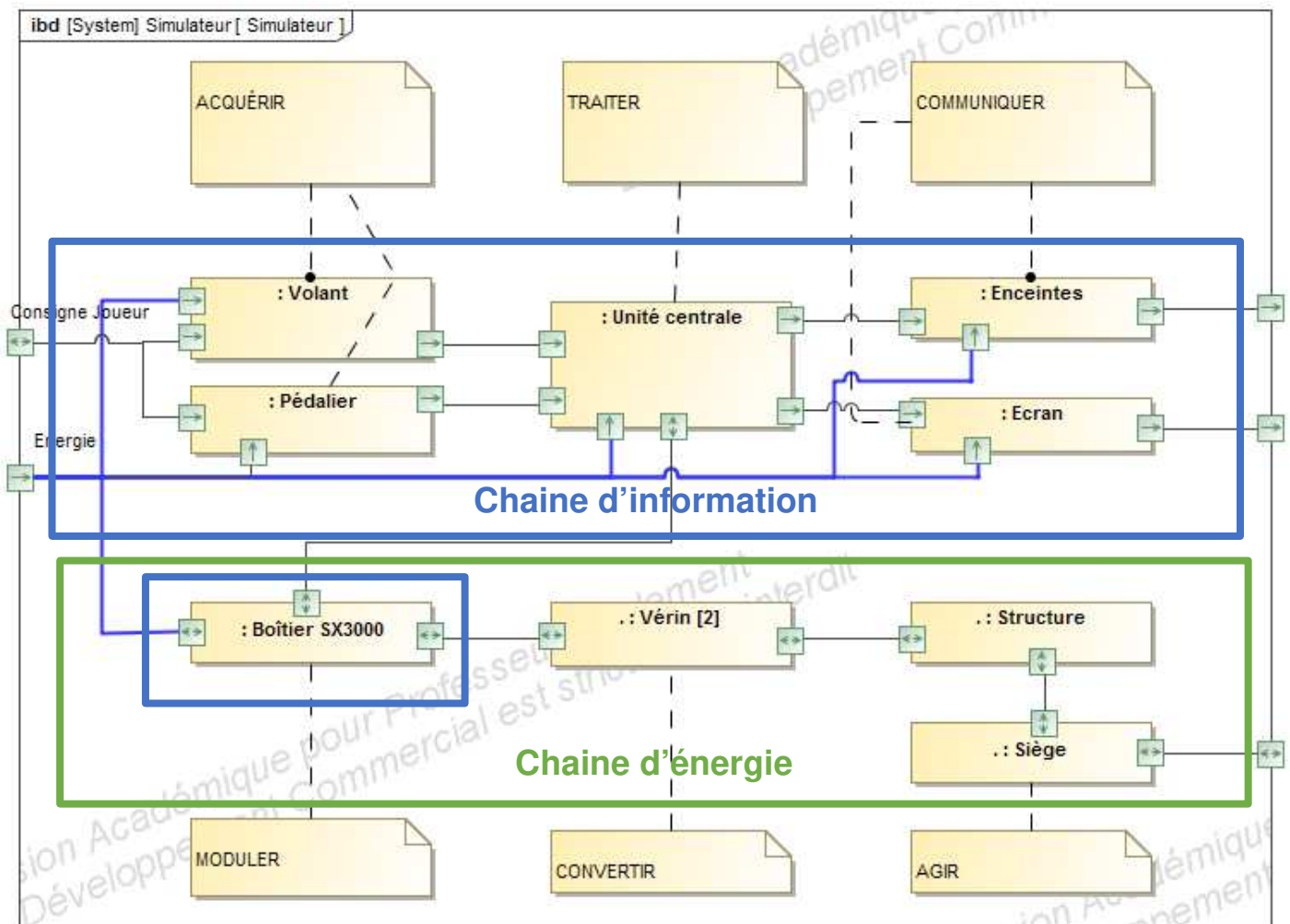
Phase	Accélération	Vitesse	Position	Distance parcourue
de montée $t \in [0 ; 0,4 \text{ s}]$	$a(t) = \frac{a_{\max}}{t_a} \cdot t$	$v(t) = \frac{a_{\max}}{2 \cdot t_a} \cdot t^2$	$x(t) = \frac{a_{\max}}{t_a} \cdot \frac{t^3}{6}$	$x(t_a) = 0,26 \text{ m}$ $(= \frac{9,81}{6} * 0,4^2)$
à accélération constante $t \in [0,4 ; 3,4 \text{ s}]$	$a_{\max}$	$a_{\max} \cdot (t - t_a) + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t_a$	$a_{\max} \cdot \frac{(t - t_a)^2}{2} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t_a \cdot (t - t_a) + x(t_a)$	$x(t_m) = 49,98 \text{ m}$

La distance cumulée nécessaire pour obtenir l'accélération souhaitée est de 50,2m n'est pas compatible avec la taille d'une salle de jeux vidéo, il est donc nécessaire de mettre en place une stratégie de commande de déplacement du siège spécifique qui donne l'illusion au pilote d'être soumis à de telles accélérations.

1. Architecture du système

Q3. Chaîne fonctionnelle sous forme de diagramme SysML (ibd)

Q4.



DR1 - Diagramme de blocs interne du simulateur non instrumenté.

Rem : le sujet suggère que le boîtier SX3000 fait partie aussi de la chaîne d'information, ce qui est en fait car il gère l'alimentation des vérins (= préactionneur dans la chaîne d'énergie) mais aussi la communication avec l'unité centrale ce qui lui confère un rôle de « traitement de l'information » (donc chaîne d'information).

2. Stratégie de commande

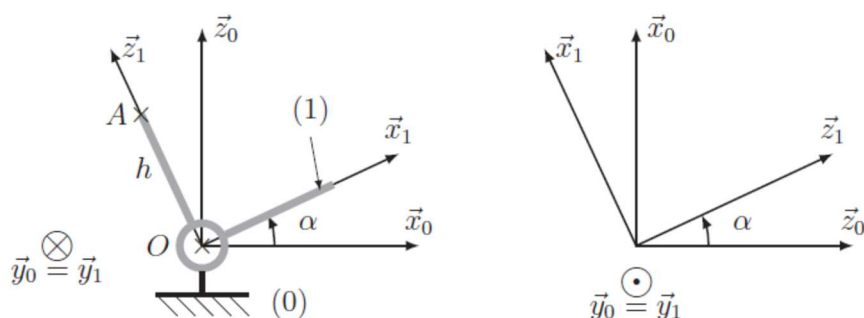


Figure 8 - Paramétrage pour le mouvement de tangage seul et figure de calcul

Q5. Montrons que $a_{Tx} = h\ddot{\alpha} - g \sin \alpha$ et $a_{Tz} = -h\dot{\alpha}^2 + g \cos \alpha$:

L'accélération du véhicule est $\vec{a}_T = a_{Tx}\vec{x}_1 + a_{Tz}\vec{z}_1 = \vec{a}(A, 1/0) - \vec{g}$

$$\vec{OA} = h\vec{z}_1 \Rightarrow \vec{v}(A, 1/0) = \left. \frac{d\vec{OA}}{dt} \right|_0 = h \cdot \dot{\alpha} \cdot \vec{x}_1$$

Utiliser la figure de calcul et pas le schéma cinématique où α est dessiné négatif !

$$\vec{a}(A, 1/0) = \left. \frac{d\vec{v}(A, 1/0)}{dt} \right|_0 = h \cdot \ddot{\alpha} \cdot \vec{x}_1 - h \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \vec{z}_1 \text{ et comme } -\vec{g} = g \cdot \vec{z}_0 = g \cdot (\cos \alpha \cdot \vec{z}_1 - \sin \alpha \cdot \vec{x}_1)$$

On en déduit sur $\vec{x}_1$: $a_{Tx} = h\ddot{\alpha} - g \sin \alpha$ et sur $\vec{z}_1$: $a_{Tz} = -h\dot{\alpha}^2 + g \cos \alpha$

Q6. Expression de l'angle de coordination α_{tilt} , en fonction de g et a_{Tx} , en régime établi :

En régime établi, les dérivées secondes sont nulles, ainsi : $a_{Tx} = -g \cdot \sin(\alpha)$.

L'angle tilt est $\alpha_{\text{tilt}} = -\arcsin(a_{Tx}/g)$ (le cahier des des charges impose $|\alpha| < \frac{\pi}{2}$)

Q7. Valeurs extrêmes (en degré) que peut prendre α_{tilt} afin que la variation d'accélération verticale $|a_{Tz} - g|$ ne dépasse pas la valeur seuil de détection de l'oreille interne en régime établi :

En régime établi, $a_{Tz} - g = g \cdot (\cos(\alpha) - 1)$. On veut que : $|a_{Tz} - g| < 0,25$

Soit : $1 - \cos(\alpha_{\text{tilt}}) < 0,25/9,8$. Ainsi : $1 - 0,25/9,8 < \cos(\alpha_{\text{tilt}})$

On en déduit que : $\alpha_{\text{tilt}} \in [-13^\circ; 13^\circ]$, le critère Id 1.1.3.1 du cahier des charges est respecté.

Q8. Valeur maximale d'accélération longitudinale a_{Tx} qu'il est possible de simuler en régime établi :

L'accélération maximale vaut : $a_{Tx} = -g \sin(\alpha_{\text{tilt}}) \approx 2,2 \text{ m.s}^{-2}$ (pour une accélération positive, on aura un angle négatif). Le critère Id 1.1.3.2 du cahier des charges est respecté, $|a_{Tx}| < 10 \text{ m.s}^{-2}$

3. Dimensionnement et modélisation du simulateur

Q9. Schéma cinématique en perspective

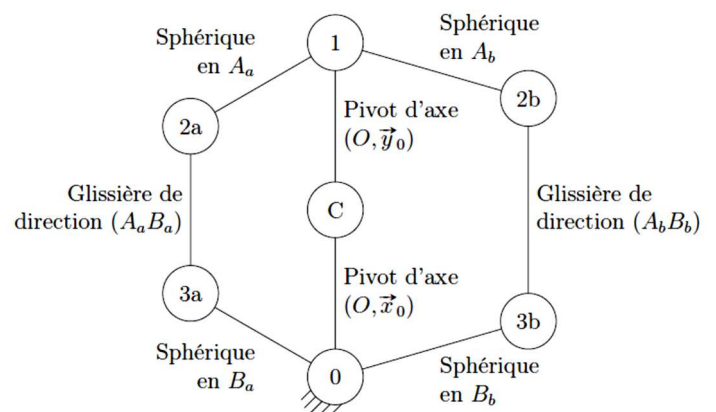
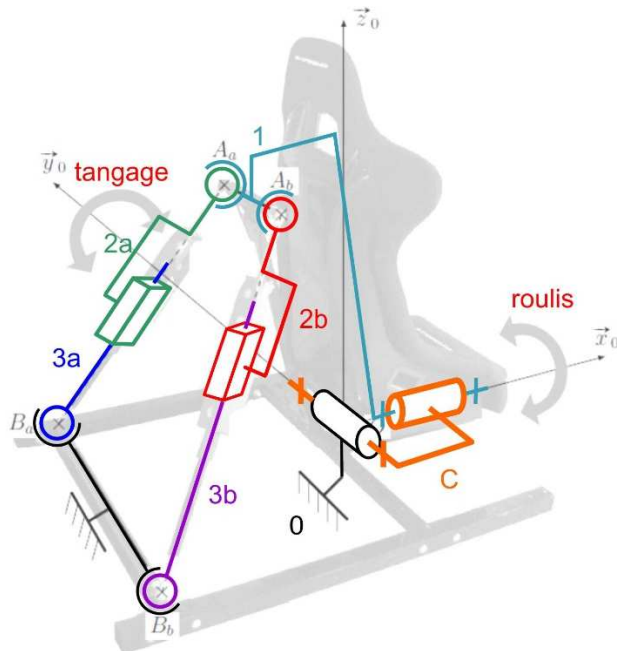


Figure 9 - Graphe des liaisons de la structure articulée

Q10.

Déplacement vérin a	Déplacement vérin b	Mouvement du siège
+	+	tangage (sens direct)
+	-	roulis (sens direct)

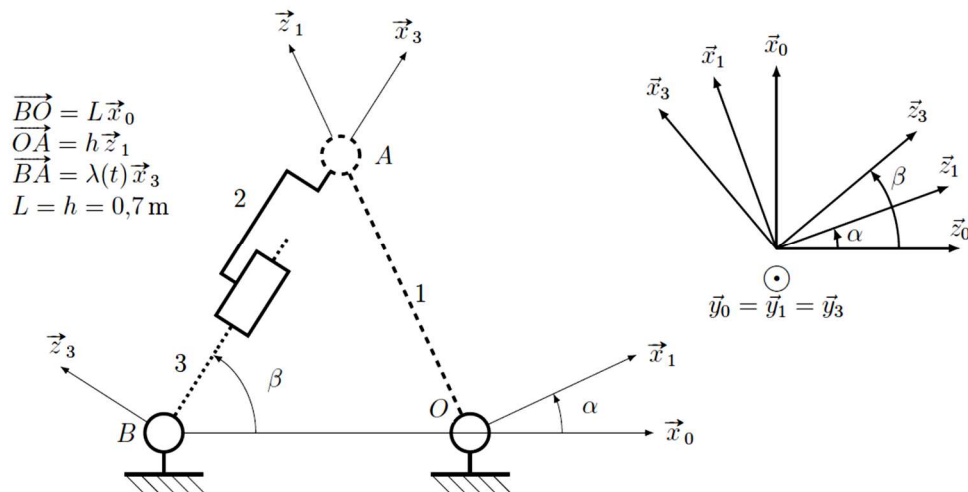


Figure 10 - Modèle plan du simulateur pour l'étude du mouvement de tangage

Q11. Expressions de λ en fonction de α et de β en fonction de α :

Fermeture vectorielle : $\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO} = \vec{0}$

Soit : $h \cdot \vec{z}_1 - \lambda \cdot \vec{x}_3 + L \cdot \vec{x}_0 = \vec{0}$

Par projection, il vient alors :

Sur $\vec{x}_0$: $h \cdot \sin(\alpha) - \lambda \cos(\beta) + L = 0$

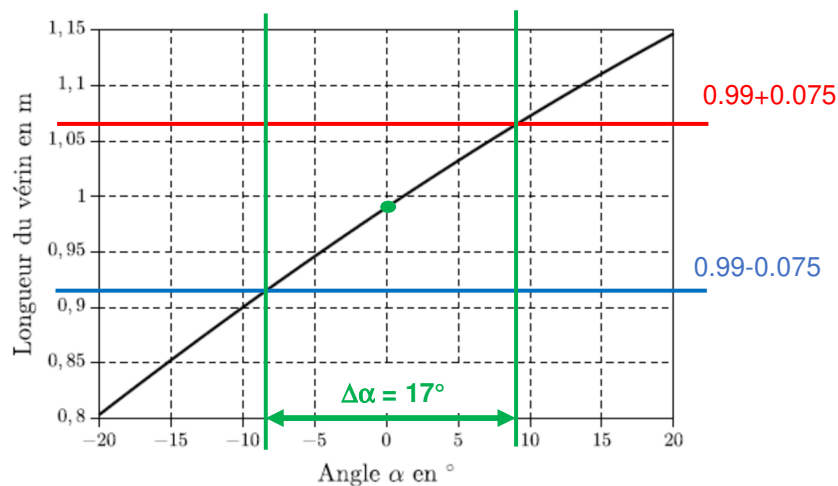
Sur $\vec{z}_0$: $h \cdot \cos(\alpha) + \lambda \sin(\beta) = 0$

En isolant le terme en λ et en élevant au carré, il vient alors : $\lambda^2 = (h \cdot \sin(\alpha) + L)^2 + (h \cdot \cos(\alpha))^2$

Soit : $\lambda = \sqrt{h^2 + L^2 + 2 \cdot L \cdot h \cdot \sin(\alpha)}$

En divisant terme à terme : $\tan(\beta) = -\frac{h \cdot \cos(\alpha)}{h \cdot \sin(\alpha) + L}$

Q12. Débattement angulaire.



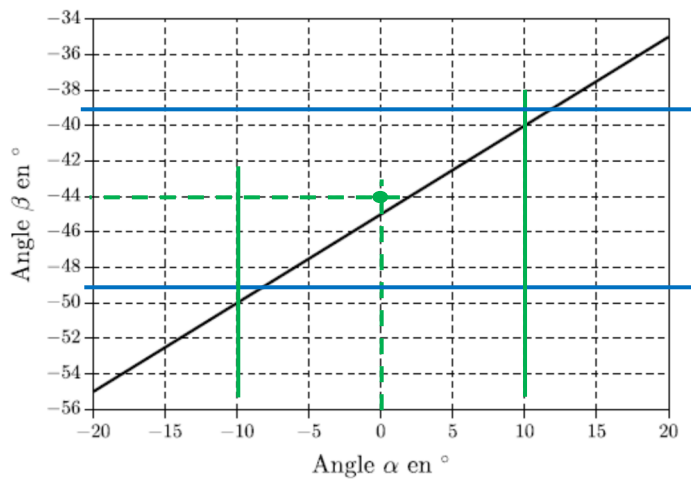
Le vérin se déplace de 0,075m autour de la longueur initiale de 0,99 m.

On lit, $\Delta\alpha = 17^\circ$, l'angle α ne varie que de $\pm 8,5^\circ$. Le cahier des charges est donc vérifié car la valeur est inférieure à $\pm 13^\circ$.

Q13. Valeurs de K_β et β_0 .

au voisinage de $\alpha = 0^\circ$: $\lambda = \lambda_0 + K_\alpha \alpha$ avec $\lambda_0 = \lambda(\alpha=0) = 0,99 \text{ m}$ et $K_\alpha = \frac{0,15}{17} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/}^\circ$

$$\lambda = 0.99 + 8,8 \cdot 10^{-3} \alpha \quad (\lambda \text{ en m}, \alpha \text{ en } ^\circ)$$



$$\beta = \beta_0 + K_\beta \alpha.$$

$$\beta_0 = \beta(\alpha=0) = -45^\circ$$

$$K_\beta = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ sans unité}$$

$$\beta = -45 + 0,5 \alpha \quad (\alpha \text{ et } \beta \text{ en } ^\circ)$$

Q14. Approximation au voisinage de $\alpha = 0^\circ$ de $\lambda = \sqrt{h^2 + L^2 + 2 \cdot L \cdot h \cdot \sin(\alpha)}$:

Au voisinage de 0 : $\sin(\tilde{\alpha}) \approx \tilde{\alpha}(\text{rad}) = \alpha * \frac{\pi}{180}$ (α en deg) et $\sqrt{1 + \varepsilon} \approx 1 + \frac{\varepsilon}{2}$

$$\text{On a donc : } \lambda \approx \sqrt{(h^2 + L^2) \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot L \cdot h}{h^2 + L^2} \cdot \tilde{\alpha}\right)} \approx \sqrt{(h^2 + L^2)} \cdot \left(1 + \frac{L \cdot h}{h^2 + L^2} \cdot \tilde{\alpha}\right)$$

$$\text{AN avec } L = h = 0,7 \text{ m : } \lambda \approx 0,99 \left(1 + 0,5 * \frac{\pi}{180} \cdot \alpha\right) \quad (\text{pour avoir } \alpha \text{ en } ^\circ)$$

$$\lambda \approx 0.99 + 8,6 \cdot 10^{-3} \alpha \quad (\lambda \text{ en m}, \alpha \text{ en } ^\circ)$$

Valeurs proches de celles trouvées Q13