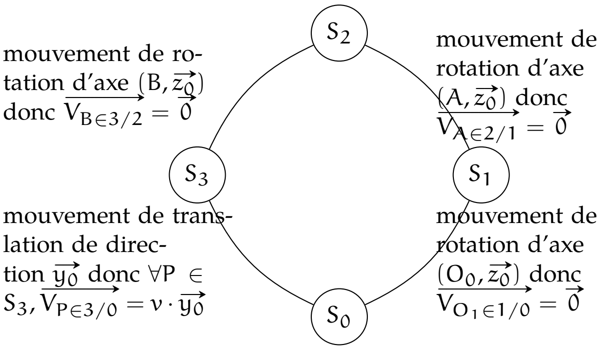
8.13 Corrigés n°8

Cor. 1 : Moteur 2 temps

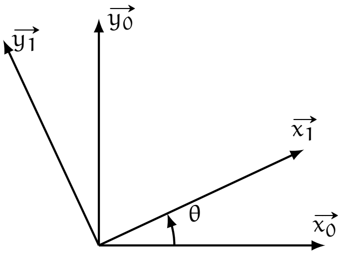
Sujet page 15

Q1. Identifier les mouvements entre chaque solide (S_1/S_0, S_2/S_1, S_3/S_2, S_3/S_0), préciser les axes et points caractéristiques.

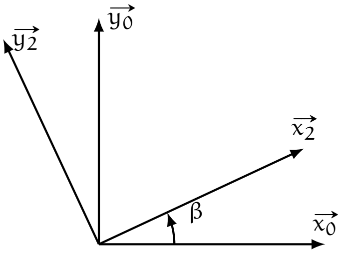


Q2. Tracer les différentes figures de calculs. Précisez les vecteurs rotations.

Le sujet donne :



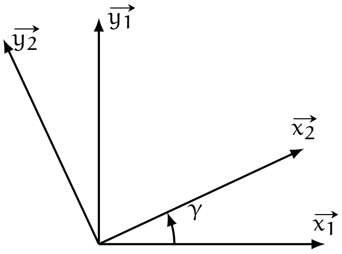
$$\overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \dot{\theta} \cdot \vec{z_0}$$



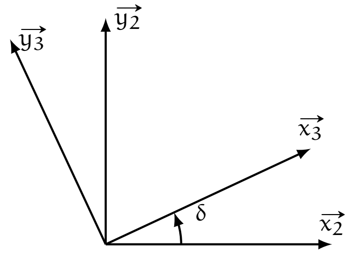
$$\overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \dot{\beta} \cdot \vec{z_0}$$

Nous avons vus au-dessus que le mouvement du piston est une translation donc $\overrightarrow{\Omega_{3/0}} = \vec{0}$.

Si on souhaite complètement définir les mouvements, on peut rajouter :



$$\overrightarrow{\Omega_{2/1}} = \dot{\gamma} \cdot \vec{z_0}$$



$$\overrightarrow{\Omega_{3/2}} = \dot{\delta} \cdot \vec{z_0}$$

Nous avons aussi :$\overrightarrow{\Omega_{3/2}} = \overrightarrow{\Omega_{3/0}} + \overrightarrow{\Omega_{0/2}} = \overrightarrow{\Omega_{0/2}}$, donc $\overrightarrow{\Omega_{2/3}} = \dot{\beta} \cdot \vec{z_0}$.

Q3. Déterminer la loi d'entrée/sortie du mécanisme, c'est-à-dire relation entre θ et λ.

Pour déterminer cette relation, nous allons écrire la fermeture géométrique :

$$\overrightarrow{O_0A} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO_0} = \vec{0}$$
$$a \cdot \vec{x_1} + L \cdot \vec{y_2} - \lambda \cdot \vec{y_0} = \vec{0}$$
$$a \cdot \cos\theta + a \cdot \sin\theta \cdot \vec{y_0} + L \cdot \cos\beta \vec{y_0} - L \cdot \sin\beta \cdot \vec{x_0} - \lambda \cdot \vec{y_0} = \vec{0}$$

d'où les équations en projection dans $(\vec{x_0}, \vec{y_0}, \vec{z_0})$

$$\begin{cases} a \cdot \cos\theta - L \cdot \sin\beta = 0 \\ a \cdot \sin\theta + L \cdot \cos\beta - \lambda = 0 \end{cases}$$

Soit deux équations à 3 inconnues, pour résoudre il faut choisir un paramètre "pilote". Nous recherchons une relation entre λ et θ, il faut donc faire disparaître β.

Une solution pratique consiste à isoler $\cos\beta$ et $\sin\beta$ puis à sommer les deux équations mise au carré

$$\begin{cases} (a \cdot \cos\theta)^2 = L^2 \cdot \sin^2\beta \\ (a \cdot \sin\theta - \lambda)^2 = L^2 \cdot \cos^2\beta \end{cases}$$

ce qui donne :

$$(a \cdot \cos\theta)^2 + (a \cdot \sin\theta - \lambda)^2 = L^2$$
$$a^2 \cdot \cos^2\theta + a^2 \cdot \sin^2\theta - 2 \cdot a \cdot \lambda \cdot \sin\theta + \lambda^2 = L^2$$
$$a^2 - L^2 - 2 \cdot a \cdot \lambda \cdot \sin\theta + \lambda^2 = 0$$

On résout l'équation du second degré en lambda ce qui donne :

$$\lambda_1 = a \cdot \sin\theta + \sqrt{a^2(\sin^2(\theta) - 1) + L^2}$$
$$\lambda_2 = a \cdot \sin\theta - \sqrt{a^2(\sin^2(\theta) - 1) + L^2}$$

Compte tenu du mécanisme, seule la première solution est valable $\lambda > 0$.

Q4. En déduire $\overrightarrow{V_{B\in 3/0}}$ la vitesse de B de S_3 par rapport à R_0.

$$\overrightarrow{V_{B\in 3/0}} = \left[\frac{d}{dt}\overrightarrow{OB}\right]_0 = \left[\frac{d}{dt}\lambda \cdot \vec{y_0}\right]_0 = \dot{\lambda} \cdot \vec{y_0}$$

À partir de la fermeture géométrique, on détermine $\dot{\lambda}$.

$$\frac{d\,\lambda(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left[a\cdot\sin\theta + \sqrt{a^2(\sin^2(\theta)-1)+L^2}\right]$$

$$\dot{\lambda} = \left(a\cdot\cos\theta + \frac{a^2\cdot\cos\theta\cdot\sin\theta}{\sqrt{a^2(\sin^2(\theta)-1)+L^2}}\right)\dot{\theta}$$

Q5. Écrire les torseurs cinématiques entre les solides S_1 et S_0, S_2 et S_1, S_3 et S_2 , S_3 et S_0.

$\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \dot{\theta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_{O_1}$, $\left\{\mathcal{V}_{2/1}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{2/1}} = \dot{\gamma}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_A$, $\left\{\mathcal{V}_{3/2}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{3/2}} = \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_B$

$\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\vec{0}\\ \dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0}\end{matrix}\right\}_B$,

Q6. En déduire le torseur cinématique de S_2 par rapport à S_0, proposez deux formes différentes pour ce torseur.

On peut écrire ce torseur soit en A soit en B

en A :

$\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \overrightarrow{V_{A\in 2/0}}\end{matrix}\right\}_A = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ a\cdot\dot{\theta}\cdot\overrightarrow{y_1}\end{matrix}\right\}_A$

car

$\overrightarrow{V_{A\in 2/0}} = \overrightarrow{V_{A\in 2/1}} + \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = \vec{0} + \overrightarrow{\Omega_{2/1}}\wedge\overrightarrow{O_0A}$ soit $\overrightarrow{V_{A\in 2/0}} = a\cdot\dot{\theta}\cdot\overrightarrow{y_1}$,

en B :

$\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \overrightarrow{V_{B\in 2/0}}\end{matrix}\right\}_B$

de même $\overrightarrow{V_{B\in 2/0}} = \overrightarrow{V_{B\in 2/3}} + \overrightarrow{V_{B\in 3/0}} = \dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0}$

En déplaçant le premier en B, on obtient une relation entre $\dot{\lambda}$ et $\dot{\theta}$. Déterminons $\overrightarrow{V_{B\in 2/0}}$ pour le second torseur :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{V_{B\in 2/0}} &= \overrightarrow{V_{A\in 2/0}} + \overrightarrow{\Omega_{2/0}}\wedge\overrightarrow{AB}\\ \dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0} &= a\cdot\dot{\theta}\cdot\overrightarrow{y_1} + \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\wedge L\cdot\overrightarrow{y_2}\\ \dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0} &= a\cdot\dot{\theta}\cdot\cos\theta\cdot\overrightarrow{y_0} - a\cdot\dot{\theta}\cdot\sin\theta\cdot\overrightarrow{x_0} - \dot{\beta}\cdot L\cdot\overrightarrow{x_2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0} = {}& a\cdot\dot{\theta}\cdot\cos\theta\cdot\overrightarrow{y_0} - a\cdot\dot{\theta}\cdot\sin\theta\cdot\overrightarrow{x_0}\\ & - \dot{\beta}\cdot L\cdot\cos\beta\cdot\overrightarrow{x_0} - \dot{\beta}\cdot L\cdot\sin\beta\cdot\overrightarrow{y_0}\end{aligned}$$

d'où les deux équations de la fermeture géométrique :

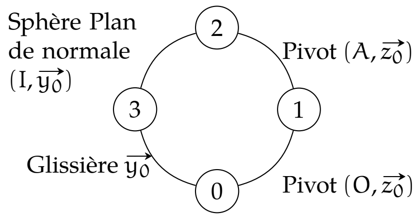
$$\begin{cases}0 = -a\cdot\dot{\theta}\cdot\sin\theta - L\cdot\dot{\beta}\cdot\cos\beta\\ \dot{\lambda} = a\cdot\dot{\theta}\cdot\cos\theta - L\cdot\dot{\beta}\cdot\sin\beta\end{cases}$$

On retrouve les dérivées des deux équations de l'étude géométrique.

Cor. 2 : Mécanisme à poussoir et galet

Sujet page 16

Q1. Tracer le graphe de structure du mécanisme



Q2. Torseurs cinématiques

Q2a. Donnez le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\}$ de l'excentrique par rapport au bâti, vous préciserez le point de réduction.

$$\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \overrightarrow{V_{O\in 1/0}} = \vec{0}\end{matrix}\right\}_O = \left\{\begin{matrix}0 & 0\\ 0 & 0\\ \omega_{10} = \dot{\alpha} & 0\end{matrix}\right\}_{\substack{O\\(\vec{?},\vec{?},\overrightarrow{z_0})}}$$

Q2b. Donnez le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{2/1}\right\}$ du galet par rapport à l'excentrique, vous préciserez le point de réduction.

$$\left\{\mathcal{V}_{2/1}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{2/1}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0}\\ \overrightarrow{V_{A\in 2/1}} = \vec{0}\end{matrix}\right\}_A = \left\{\begin{matrix}0 & 0\\ 0 & 0\\ \omega_{21} = \dot{\beta} & 0\end{matrix}\right\}_{\substack{B\\(\vec{?},\vec{?},\overrightarrow{z_0})}}$$

Q2c. Donnez le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\}$ du piston par rapport au bâti en fonction de λ.

$$\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{3/0}} = \vec{0}\\ \overrightarrow{V_{C\in 3/0}} = \dot{\lambda}\cdot\overrightarrow{y_0}\end{matrix}\right\}_A = \left\{\begin{matrix}0 & 0\\ 0 & V_{30} = \dot{\lambda}\\ 0 & 0\end{matrix}\right\}_{\substack{\forall P\\(\vec{?},\overrightarrow{y_0},\vec{?})}}$$

Q3. Déterminez la relation donnant λ en fonction de α L et R, en déduire le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\}$ en fonction de ces paramètres et de leur dérivées.

On écrit la fermeture géométrique :

$$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AI} + \overrightarrow{IC} + \overrightarrow{CO} = \vec{0}$$
$$L\cdot\overrightarrow{x_1} + R\cdot\overrightarrow{y_0} + IC\cdot\overrightarrow{x_0} - \lambda\cdot\overrightarrow{y_0} = \vec{0}$$

soit en projection :

$$L\cdot\cos\alpha + IC = 0$$
$$L\cdot\sin\alpha + R - \lambda = 0$$

soit

$$\lambda = L\cdot\sin\alpha + R$$
$$\dot{\lambda} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\cos\alpha$$

et finalement

$$\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{\Omega_{3/0}} = \vec{0}\\ \overrightarrow{V_{C\in 3/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\cos\alpha\cdot\overrightarrow{y_0}\end{matrix}\right\}_A$$

$$\left\{\mathcal{V}_{3/0}\right\} = \left\{\begin{matrix}0 & 0\\ 0 & V_{30} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\cos\alpha\\ 0 & 0\end{matrix}\right\}_{\substack{\forall P\\(\vec{?},\overrightarrow{y_0},\vec{?})}}$$

Q4. Vitesses

Q4a. Déterminez $\overrightarrow{V_{I\in 3/0}}$

Le solide (3) est en translation, on a donc $\overrightarrow{V_{I\in 3/0}} = \overrightarrow{V_{C\in 3/0}}$

Q4b. Déterminez $\overrightarrow{V_{A\in 1/0}}$ puis $\overrightarrow{V_{A\in 2/0}}$. En déduire le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\}$. Les résultats seront écrits dans la base $\mathcal{B}_1$.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{V_{A\in 1/0}} &= \overrightarrow{V_{O\in 1/0}} + \overrightarrow{\Omega_{1/0}} \wedge \overrightarrow{OA} \\
\overrightarrow{V_{A\in 1/0}} &= \vec{0} + \dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{z_0} \wedge L\cdot\overrightarrow{x_1} \\
\overrightarrow{V_{A\in 1/0}} &= L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1}
\end{aligned}$$

On sait que

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{V_{A\in 2/0}} &= \overrightarrow{V_{A\in 2/1}} + \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} \\
\overrightarrow{V_{A\in 2/0}} &= L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\mathcal{V}_{2/1}\right\} + \left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} \\
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{2/1}} = \dot{\beta}\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 2/1}} = \vec{0} \end{matrix}\right\}_A + \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} \end{matrix}\right\}_A \\
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} \end{matrix}\right\}_A
\end{aligned}$$

Q4c. Déterminez $\overrightarrow{V_{I\in 2/0}}$ en fonction de α β L et R.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{V_{I\in 2/0}} &= \overrightarrow{V_{A\in 2/0}} + \overrightarrow{\Omega_{2/0}} \wedge \overrightarrow{AI} \\
\overrightarrow{V_{I\in 2/0}} &= L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} + \left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} \wedge R\cdot\overrightarrow{y_0} \\
\overrightarrow{V_{I\in 2/0}} &= L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} - R\cdot\left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{x_0}
\end{aligned}$$

Q5. On considère que le galet roule sans glisser sur le piston, c'est à dire que $\overrightarrow{V_{I\in 3/2}} = \vec{0}$.

Q5a. Déterminez la relation entre $\dfrac{d\alpha}{dt}$ et $\dfrac{d\beta}{dt}$.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{V_{I\in 3/2}} &= \vec{0} \\
\overrightarrow{V_{I\in 3/0}} - \overrightarrow{V_{I\in 2}} &= \vec{0} \\
L\cdot\dot{\alpha}\cdot\cos\alpha\cdot\overrightarrow{y_0} - L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} + R\cdot\left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{x_0} &= \vec{0} \\
+L\cdot\dot{\alpha}\cdot\sin\alpha\cdot\overrightarrow{x_0} + R\cdot\left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{x_0} &= \vec{0}
\end{aligned}$$

soit

$$L\cdot\dot{\alpha}\cdot\sin\alpha + R\cdot\dot{\alpha} = -R\cdot\dot{\beta}$$

d'où la relation demandée :

$$\dot{\beta} = -\frac{L\cdot\sin\alpha + R}{R}\cdot\dot{\alpha}$$

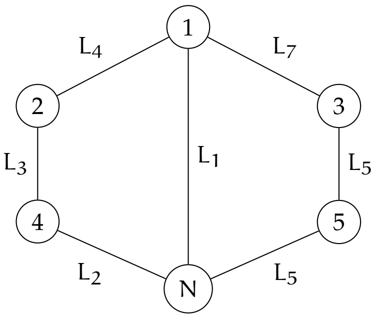
Q5b. Déduisez-en le torseur cinématique $\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\}$ en fonction de α et de sa dérivée.

$$\begin{aligned}
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \left(\dot{\beta}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} \end{matrix}\right\}_A \\
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = \left(-\dfrac{L\cdot\sin\alpha + R}{R}\cdot\dot{\alpha}+\dot{\alpha}\right)\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} \end{matrix}\right\}_A \\
\left\{\mathcal{V}_{2/0}\right\} &= \left\{\begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = -\dfrac{L\cdot\sin\alpha}{R}\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{V_{A\in 1/0}} = L\cdot\dot{\alpha}\cdot\overrightarrow{y_1} \end{matrix}\right\}_A
\end{aligned}$$

Cor. 3 : Quille pendulaire

Sujet page 17

Q1. Compléter le graphe de structure du document réponse, en précisant les différentes liaisons du mécanisme.



— L_1 : Liaison Pivot d'axe $(O,\overrightarrow{z_n})$,
— L_2 : Sphérique de centre C,
— L_3 : Liaison Pivot Glissant d'axe $(C,\overrightarrow{x_2})$,
— L_4 : Liaison Sphérique de centre A_2,
— L_5 : Sphérique de centre B,
— L_6 : Liaison Pivot Glissant d'axe $(B,\overrightarrow{x_3})$,
— L_7 : Liaison Sphérique de centre A_3,

Q2. Préciser les différents torseurs cinématiques.

— $L_1 : \left\{\mathcal{V}_{1/n}\right\} = \left\{\begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{1n} = \dot{\theta}_1 & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{O \\ (\vec{?},\vec{?},\overrightarrow{z_n})}}$

— $L_2 : \left\{\mathcal{V}_{4/n}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{4nx} & 0 \\ \omega_{4ny} & 0 \\ \omega_{4nz} & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{C \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{?})}}$

— $L_3 : \left\{\mathcal{V}_{4/2}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{42x} & v_{42} = \dot{x}_{42} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{\forall P\in(C,\overrightarrow{x_2}) \\ (\overrightarrow{x_2},\vec{?},\vec{?})}}$,

— $L_4 : \left\{\mathcal{V}_{2/1}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{21x} & 0 \\ \omega_{21y} & 0 \\ \omega_{21z} & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{A_2 \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{?})}}$

— $L_5 : \left\{\mathcal{V}_{5/n}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{5nx} & 0 \\ \omega_{5ny} & 0 \\ \omega_{5nz} & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{B \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{?})}}$

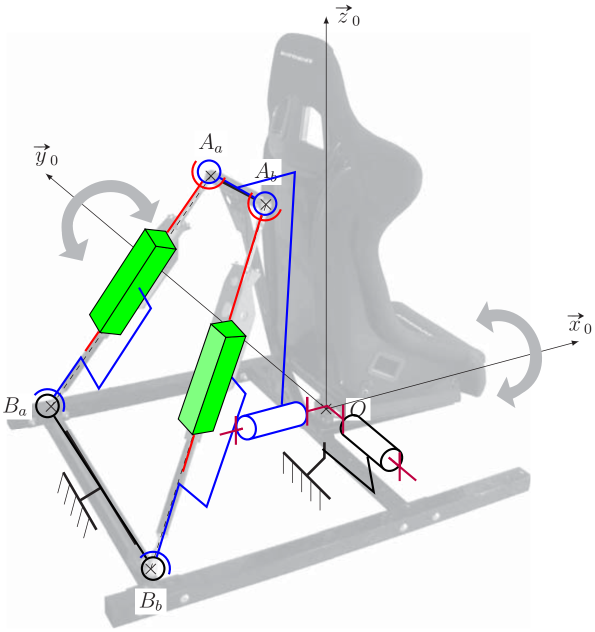
— $L_6 : \left\{\mathcal{V}_{5/3}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{53x} & v_{42} = \dot{x}_{53} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{\forall P\in(B,\overrightarrow{x_3}) \\ (\overrightarrow{x_3},\vec{?},\vec{?})}}$,

— $L_7 : \left\{\mathcal{V}_{3/1}\right\} = \left\{\begin{matrix} \omega_{31x} & 0 \\ \omega_{31y} & 0 \\ \omega_{31z} & 0 \end{matrix}\right\}_{\substack{A_3 \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{?})}}$

Cor. 4 : Siège de simulateur

Sujet page 18

Q1. À l'aide du graphe des liaisons, compléter le schéma cinématique en perspective de la figure 8.14b en respectant les axes et points proposés.



Q2. Préciser les torseurs cinématiques.

— $\left\{\mathcal{V}_{1/2_b}\right\} = \begin{Bmatrix} \omega_{b1x} & 0 \\ \omega_{b1y} & 0 \\ \omega_{b1z} & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{A_b \\ \forall B}}$

— $\left\{\mathcal{V}_{3b/2b}\right\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & V_{Zb} \end{Bmatrix}_{\substack{\forall P \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{z_b})}}$ et $\vec{z_b} = \dfrac{\overrightarrow{B_bA_b}}{\left\|\overrightarrow{B_bA_b}\right\|}$.

— $\left\{\mathcal{V}_{3_b/0}\right\} = \begin{Bmatrix} \omega_{b0x} & 0 \\ \omega_{b0y} & 0 \\ \omega_{b0z} & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{B_b \\ \forall B}}$

— $\left\{\mathcal{V}_{1/2_a}\right\} = \begin{Bmatrix} \omega_{a1x} & 0 \\ \omega_{a1y} & 0 \\ \omega_{a1z} & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{A_a \\ \forall B}}$

— $\left\{\mathcal{V}_{3a/2a}\right\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & V_{Za} \end{Bmatrix}_{\substack{\forall P \\ (\vec{?},\vec{?},\vec{z_a})}}$ et $\vec{z_a} = \dfrac{\overrightarrow{B_aA_a}}{\left\|\overrightarrow{B_aA_a}\right\|}$.

— $\left\{\mathcal{V}_{3_a/0}\right\} = \begin{Bmatrix} \omega_{a0x} & 0 \\ \omega_{a0y} & 0 \\ \omega_{a0z} & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{B_a \\ \forall B}}$

— $\left\{\mathcal{V}_{1/C}\right\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ V_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{\forall (O,\vec{y_0}) \\ (\vec{?},\vec{y_0},\vec{0})}}$

— $\left\{\mathcal{V}_{C/0}\right\} = \begin{Bmatrix} V_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{\forall (O,\vec{x_0}) \\ (\vec{x_0},\vec{0},\vec{0})}}$

Q3. Déterminer la liaison équivalente entre le siège (1) et le sol (0) en se limitant à la chaîne de solides {0,C,1}.

Les deux torseurs sont en série, Il suffit de faire la somme des deux torseurs cinématiques.

$$\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} = \left\{\mathcal{V}_{1/C}\right\} + \left\{\mathcal{V}_{C/0}\right\}$$

On écrit les deux torseurs en O dans la base $(\vec{x_0}, \vec{y_0}, \vec{z_0})$.

$$\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ V_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{O \\ (\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})}} + \begin{Bmatrix} V_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{O \\ (\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})}}$$

$$\left\{\mathcal{V}_{1/0}\right\} = \begin{Bmatrix} V_x & 0 \\ V_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{\substack{O \\ (\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})}}$$

On reconnaît une liaison sphérique à doigt d'axe de centre O et de rotation bloquée autour de $(O, \vec{z_0})$.