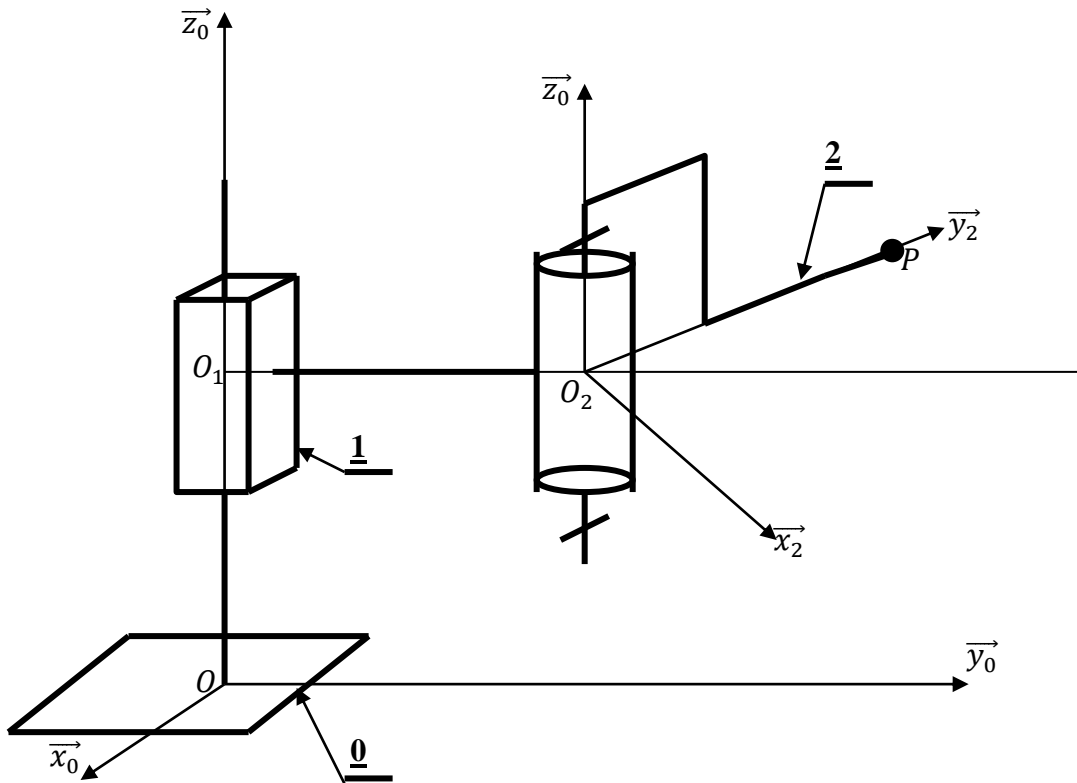


Exercice 1 : **Manutention assistée**

Le schéma cinématique ci-dessous représente la cinématique d'un outil d'assistance à opérateur, qui va suivre les mouvements de celui-ci, en limitant ses efforts. On note :

- $R(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère associé au bâti **0**
- $R_1(O_1, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère associé à la coulisse **1**, avec $\overrightarrow{OO_1} = z_1(t) \cdot \vec{z}_0$
- $R_2(O_2, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ le repère associé à la poignée **2**, avec $\overrightarrow{O_1O_2} = L \cdot \vec{y}_0$, $\theta_2(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$ et $\overrightarrow{O_2P} = N \cdot \vec{y}_2$



Q 1 : Poser le problème en utilisant les outils dédiés : graphe de liaison et figure plane

Q 2 : Exprimer $\overrightarrow{\Omega}(2/1)$ et $\overrightarrow{V}(O_1 \in 1/0)$

Q 3 : Calculer $\overrightarrow{V}(P \in 2/R_2)$, $\overrightarrow{V}(P \in 2/1)$, $\overrightarrow{V}(P \in 1/0)$ et $\overrightarrow{V}(P \in 2/0)$

Q 4 : Calculer $\overrightarrow{\Gamma}(P \in 2/0)$

Exercice 2 : Manège Spinfly

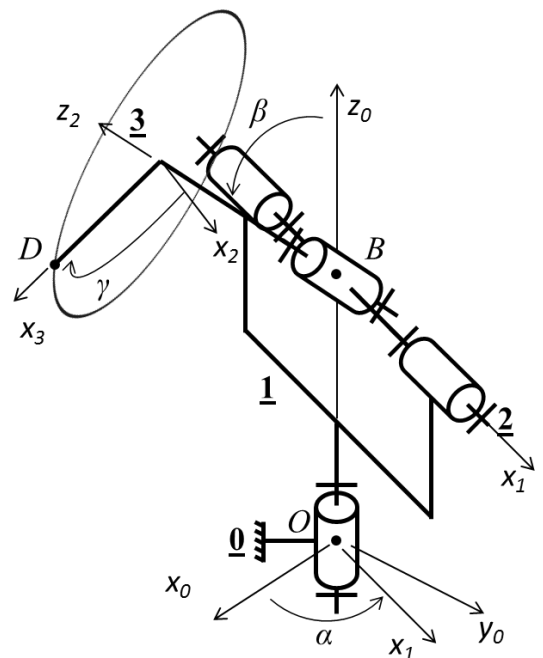
L'étude consiste à déterminer l'accélération subie par une personne située sur un siège du disque **3** et de vérifier que, pour un mouvement donné, l'accélération latérale limite supportable par l'homme d'une valeur de $1,5 \text{ g}$ n'est pas dépassée.



Le manège Spinfly est constitué, selon le schéma cinématique ci-contre de 4 solides :

- l'estrade **0**, de repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ tel que l'axe (O, \vec{z}_0) , soit dirigé suivant la verticale ascendante,
- le plateau **1**, de repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1 = \vec{z}_0)$ en mouvement de rotation d'axe (O, \vec{z}_0) par rapport à l'estrade **0**, avec $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$,
- le bras **2**, de repère $R_2(B, \vec{x}_2 = \vec{x}_1, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, en mouvement de rotation d'axe (B, \vec{x}_2) par rapport au plateau **1**, avec $\vec{OB} = b \vec{z}_0$, $b = 3,5 \text{ m}$ et $\beta = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$,
- le disque **3**, de repère $R_3(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3 = \vec{z}_2)$, en mouvement de rotation d'axe (B, \vec{z}_2) par rapport au bras **2**, avec $\gamma = (\vec{x}_2, \vec{x}_3)$.

La position de la personne est matérialisée par le point D, avec $\vec{BD} = c \cdot \vec{z}_2 + d \cdot \vec{x}_3$, $c = 0,5 \text{ m}$ et $d = 3,2 \text{ m}$.



Q 1 : Déterminer la position du point D dans le repère R_0 .

Q 2 : Définir la trajectoire $T(D, 3/2)$.

Q 3 : Déterminer les vecteurs vitesse de rotation $1/0$, $2/1$ et $3/2$. En déduire $\overline{\Omega(3/0)}$.

Q 4 : Les trois angles α , β , γ correspondent-ils aux angles d'Euler ?

Q 5 : Déterminer l'expression littérale de $\vec{V}(D \in 3/0)$ par deux méthodes :

- par dérivation du vecteur position de D
- par composition et changement de point.

Soit $\vec{G} = \vec{g} - \vec{\Gamma}(D, 3/0)$ le vecteur qui caractérise le nombre de « G » qui s'applique sur la personne en D. On rappelle que $\vec{g} = -g \cdot \vec{z}_0$ est l'accélération de la pesanteur.

On considère le mouvement particulier suivant : $\beta = \frac{\pi}{2}$, $\dot{\beta} = 0$ et les vitesses $\dot{\alpha}$ et $\dot{\gamma}$ sont constantes telles que $\dot{\alpha} = 0,25 \text{ tr/s}$ et $\dot{\gamma} = 0,5 \text{ tr/s}$.

Q 6 : Déterminer l'expression littérale de l'accélération latérale subie par la personne $G_y = \vec{G} \cdot \vec{y}_3$.

Q 7 : Le mouvement envisagé est-il supporté par la personne ?

Exercice 3 : Robot manipulateur

Le schéma plan de la figure 1 représente la cinématique du robot ci-contre.

On associe à chaque solide \underline{i} une base $(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$. Les liaisons et le paramétrage des différents bras du robot sont les suivant :

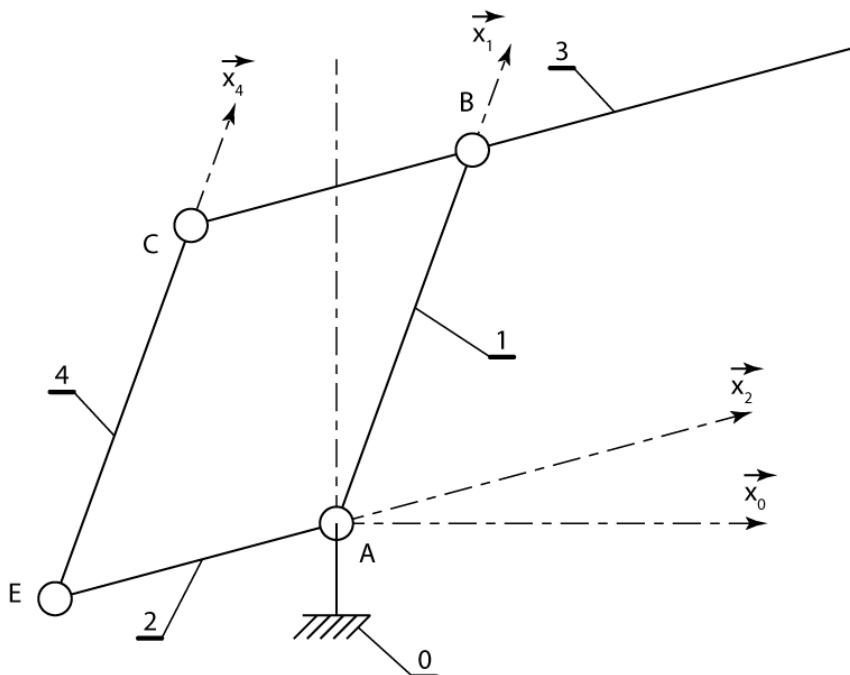
- 0-1 : liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) ; on pose $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$
- 0-2 : liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) ; on pose $\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$
- 1-3 : liaison pivot d'axe (B, \vec{z}) , tel que $\overline{AB} = L\vec{x}_1$
- 2-4 : liaison pivot d'axe (E, \vec{z}) , tel que $\overline{EA} = D\vec{x}_2$
- 3-4 : liaison pivot d'axe (C, \vec{z}) , tel que $\overline{EC} = L\vec{x}_4$

Par ailleurs, $\overline{CB} = D\vec{x}_3$ et $\overline{BJ} = H\vec{x}_3$

Les mouvements du robot sont commandés par deux moteurs :

Le solide $\underline{1}$ a son mouvement de rotation commandé par le moteur \mathbf{M}_1 , $\alpha \in \left[\frac{\pi}{3}; \frac{2\pi}{3} \right]$

Le solide $\underline{2}$ a son mouvement de rotation commandé par le moteur \mathbf{M}_2 , $\beta \in \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4} \right]$



Valeurs numériques :

$D=0,44\text{m}$; $L=0,6\text{m}$; $H=0,8\text{m}$;

Les moteurs tournent à une vitesse nominale de 750tr/min.

Première partie : étude du cas où $\beta=0$ et le moteur \mathbf{M}_2 à l'arrêt

Q 1 : Déterminer pour les mouvements suivant, les vecteurs vitesse de rotation et vitesse du point :

- $\underline{2}$ par rapport à $\underline{0}$, au point A :
- $\underline{1}$ par rapport à $\underline{0}$, au point A :
- $\underline{4}$ par rapport à $\underline{0}$, au point E :
- $\underline{3}$ par rapport à $\underline{0}$, au point B :
- $\underline{3}$ par rapport à $\underline{1}$, au point B :
- $\underline{3}$ par rapport à $\underline{4}$, au point C :

Q 2 : Déterminer le vecteur vitesse du point J appartenant à $\underline{3}$, par rapport à $\underline{0}$: $\overrightarrow{V(J \in 3/0)}$

Q 3 : Sur la figure 2, déterminer et tracer la trajectoire des points B et J dans $\underline{0}$

Q 4 : Représenter graphiquement $\overrightarrow{V(J \in 3/0)}$, pour la position $\alpha = \frac{\pi}{3}$, en utilisant une échelle des vitesses de 10m/s pour 10mm.

Deuxième partie : étude du cas où $\alpha = \frac{\pi}{3}$ et le moteur \mathbf{M}_1 à l'arrêt

Q 5 : Déterminer pour les mouvements suivant, les vecteurs vitesse de rotation et vitesse du point :

- 1 par rapport à 0, au point A :
- 2 par rapport à 0, au point A :
- 4 par rapport à 0, au point E :
- 3 par rapport à 0, au point B :
- 3 par rapport à 1, au point B :
- 3 par rapport à 2, au point E :

Q 6 : Déterminer le vecteur vitesse du point J appartenant à $\underline{3}$, par rapport à $\underline{0}$: $\overrightarrow{V(J \in 3/0)}$

Q 7 : Déterminer le C.I.R. de $\underline{3}$ par rapport en $\underline{0}$. En déduire et tracer, sur la figure 3 la trajectoire du point J dans $\underline{0}$.

Q 8 : Représenter graphiquement $\overrightarrow{V(J \in 3/0)}$, pour la position $\beta=0$, en utilisant une échelle de 10m/s pour 10mm.

Troisième partie : Les deux moteurs fonctionnent.

Q 9 : Déterminer l'expression du vecteur vitesse du point J appartenant à $\underline{3}$, par rapport à $\underline{0}$: $\overrightarrow{V(J \in 3/0)}$

Q 10 : Tracer sur la figure 2 la surface liée à $\underline{0}$ dans laquelle se déplace le point J lorsque α et β varient dans leurs limites respectives.