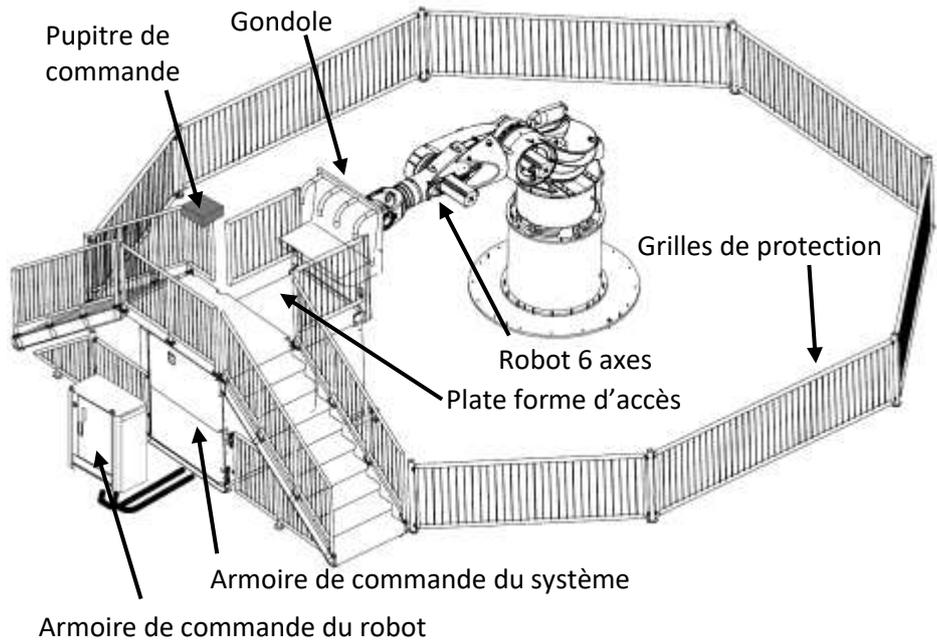


**Etude des performances cinématiques du Robocoaster**

On s'intéresse au Robocoaster conçu par la société KUKA. Le système, utilisé notamment au Futuroscope de Poitiers, est une attraction qui permet de procurer des sensations fortes aux passagers embarqués dans une gondole. La gondole est mise en mouvement par l'intermédiaire d'un bras de robot détourné de l'industrie automobile qui suit des lois de mouvement préprogrammées.



Le système est principalement constitué d'un robot 6 axes, d'une armoire de gestion permettant le pilotage du robot, d'une plate forme d'accès mobile permettant l'embarquement ou le débarquement des passagers, d'une grille de protection accompagnée de nombreux dispositifs de sécurité et d'une armoire de commande générale de l'installation.

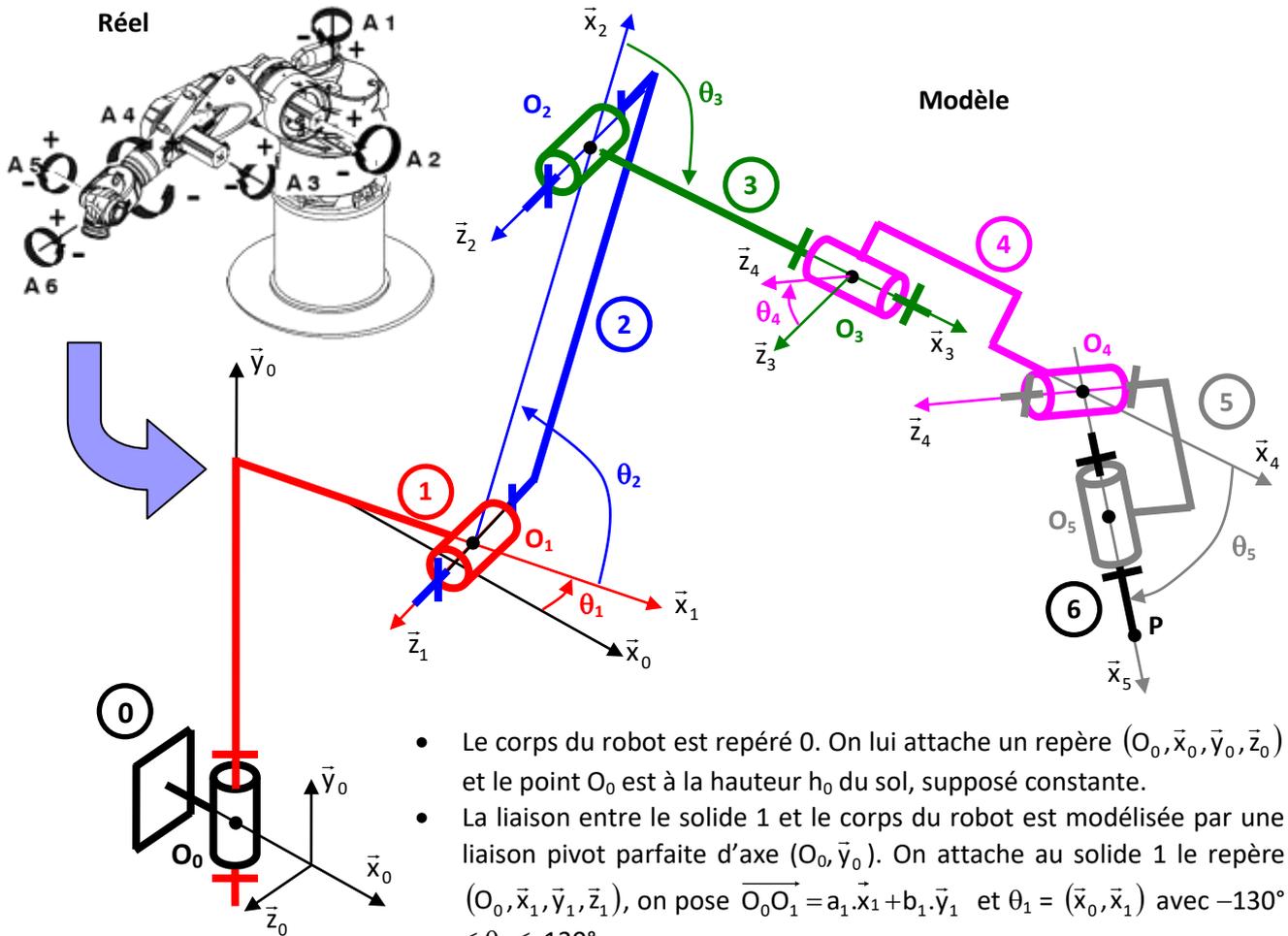


Par ailleurs le système nécessite la présence d'un opérateur sur la plate forme d'accès pour assurer le bon déroulement des opérations d'embarquement ainsi que la mise en route du système.

**On s'intéresse dans ce sujet au robot 6 axes dont on donne les descriptions structurales, les modèles ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel.**

**Extrait de cahier des charges fonctionnel**

Exigences techniques	Critères	Niveaux
Le système doit respecter les exigences techniques suivantes	... Course du vérin de harnais Vitesse maxi passager Accélération maxi passager ...	... Course < 0,4 m $V_{max} < 10m/s$ $A_{max} < 2g$ ...



- Le corps du robot est repéré 0. On lui attache un repère  $(O_0, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$  et le point  $O_0$  est à la hauteur  $h_0$  du sol, supposé constante.
- La liaison entre le solide 1 et le corps du robot est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_0, \bar{y}_0)$ . On attache au solide 1 le repère  $(O_0, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_1)$ , on pose  $\overrightarrow{O_0O_1} = a_1 \cdot \bar{x}_1 + b_1 \cdot \bar{y}_1$  et  $\theta_1 = (\bar{x}_0, \bar{x}_1)$  avec  $-130^\circ \leq \theta_1 \leq 130^\circ$ .

- La liaison entre le bras 2 et le solide 1 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_1, \bar{z}_1)$ . On attache au solide 2 le repère  $(O_1, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_2)$ , on pose  $\overrightarrow{O_1O_2} = a_2 \cdot \bar{x}_2$  et  $\theta_2 = (\bar{x}_1, \bar{x}_2)$  avec  $-10^\circ \leq \theta_2 \leq 100^\circ$ .
- La liaison entre l'avant bras 3 et le bras 2 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_2, \bar{z}_2)$ . On attache au solide 3 le repère  $(O_2, \bar{x}_3, \bar{y}_3, \bar{z}_3)$ , on pose  $\overrightarrow{O_2O_3} = a_3 \cdot \bar{x}_3$  et  $\theta_3 = (\bar{x}_2, \bar{x}_3)$  avec  $-30^\circ \leq \theta_3 \leq 15^\circ$ .
- La liaison entre le solide 4 et l'avant bras 3 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_3, \bar{x}_3)$ . On attache au solide 4 le repère  $(O_3, \bar{x}_4, \bar{y}_4, \bar{z}_4)$ , on pose  $\overrightarrow{O_3O_4} = a_4 \cdot \bar{x}_4$  et  $\theta_4 = (\bar{z}_3, \bar{z}_4)$  avec  $-350^\circ \leq \theta_4 \leq 350^\circ$ .
- La liaison entre le solide 5 et le solide 4 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_4, \bar{z}_4)$ . On attache au solide 5 le repère  $(O_4, \bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_5)$ , on pose  $\overrightarrow{O_4O_5} = a_5 \cdot \bar{x}_5$  et  $\theta_5 = (\bar{x}_4, \bar{x}_5)$  avec  $-58^\circ \leq \theta_5 \leq 58^\circ$ .
- La liaison entre le solide 6 (sur lequel se trouve la nacelle et les 2 passagers) et le solide 5 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe  $(O_5, \bar{x}_5)$ . On attache au solide 6 le repère  $(O_5, \bar{x}_6, \bar{y}_6, \bar{z}_6)$ , on pose  $\overrightarrow{O_5P} = a_6 \cdot \bar{x}_6$  et  $\theta_6 = (\bar{y}_5, \bar{y}_6)$  avec  $-350^\circ \leq \theta_6 \leq 350^\circ$ .

**Données :**  $h_0 = 1 \text{ m}$  ;  $a_1 = 0,5 \text{ m}$  ;  $b_1 = 1 \text{ m}$  ;  $a_2 = 1,25 \text{ m}$  ;  $a_3 = 0,25 \text{ m}$  ;  $a_4 = 0,5 \text{ m}$  ;  $a_5 = 0,25 \text{ m}$  ;  $a_6 = 0,25 \text{ m}$ .

**Q.1.** Effectuer le graphe des liaisons du bras articulé du robot et poser toutes les figures géométrales.

**Q.2.** Compléter sur le document réponse le schéma cinématique en couleur permettant de visualiser dans le plan  $(O_0, \bar{x}_0, \bar{y}_0)$  les solides 1 à 6 dans la position robot en attente de chargement ( $\theta_1 = 0^\circ$ ,  $\theta_2 = 12^\circ$ ,  $\theta_3 = -26^\circ$ ,  $\theta_4 = 0^\circ$ ,  $\theta_5 = 19^\circ$ ,  $\theta_6 = 0^\circ$ ).

**Q.3.** Déterminer le vecteur vitesse  $\vec{V}_{P \in 6/5}$ .

**Q.4.** Déterminer le vecteur vitesse  $\vec{V}_{P \in 6/4}$ .

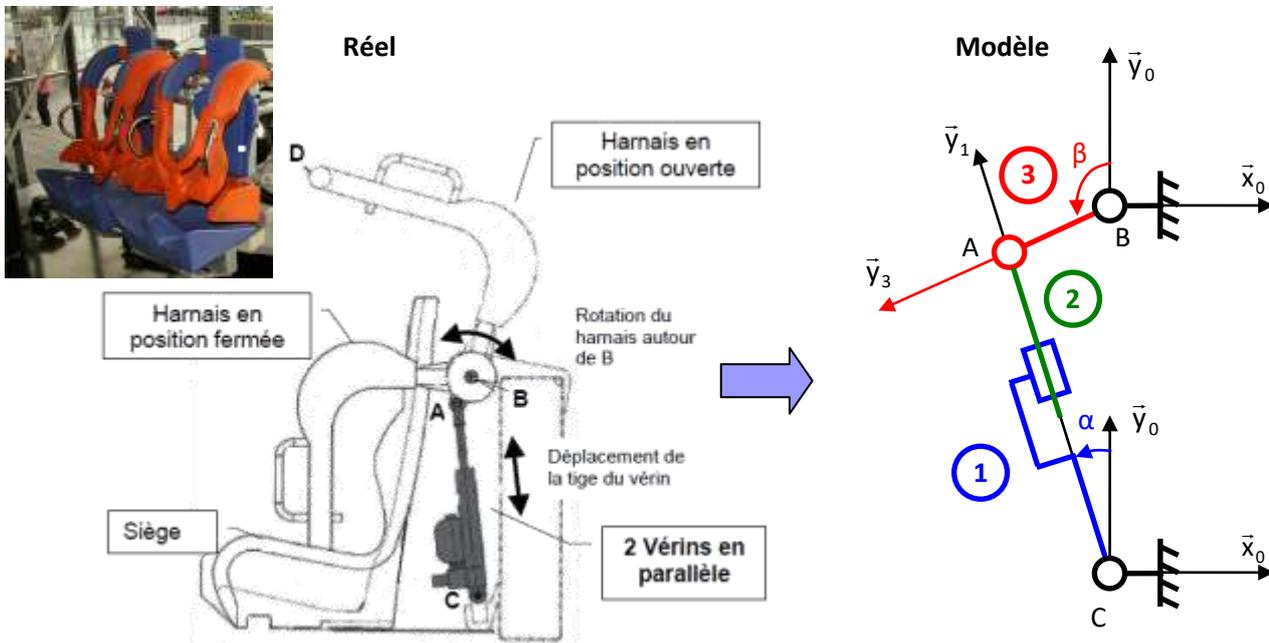
**Q.5.** Déterminer le vecteur vitesse  $\vec{V}_{P \in 6/3}$ .

**Q.6.** En considérant que  $\theta_4 = \dot{\theta}_4 = 0$ , déterminer le vecteur vitesse  $\vec{V}_{P \in 6/1}$ .

**Q.7.** Pour  $\theta_i = \dot{\theta}_i = 0$  avec  $i = 2$  à  $6$ , déterminer le vecteur vitesse  $\vec{V}_{P \in 6/0}$ .

**Q.8.** Pour  $\theta_i = \dot{\theta}_i = 0$  avec  $i = 2$  à  $6$ , déterminer  $\|\vec{V}_{P \in 6/0}\|$ . On donne  $\dot{\theta}_1 = 1 \text{ rad/s}$ , conclure quant au respect du cahier des charges pour cette configuration de fonctionnement.

On s'intéresse maintenant au dispositif de sécurité équipant les sièges du Robotcoaster. Chaque passager du robot est maintenu en position dans son siège à l'aide d'un harnais dont on donne une description structurale ainsi qu'une modélisation cinématique.



Données :  $\vec{CA} = \lambda(t) \cdot \vec{y}_1$  ;  $\vec{CB} = H \cdot \vec{y}_0$  ;  $\vec{BA} = L \cdot \vec{y}_3$  ;  $\alpha = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$  ;  $\beta = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$  ;  $H = 0,8 \text{ m}$  ;  $L = 0,2 \text{ m}$ .

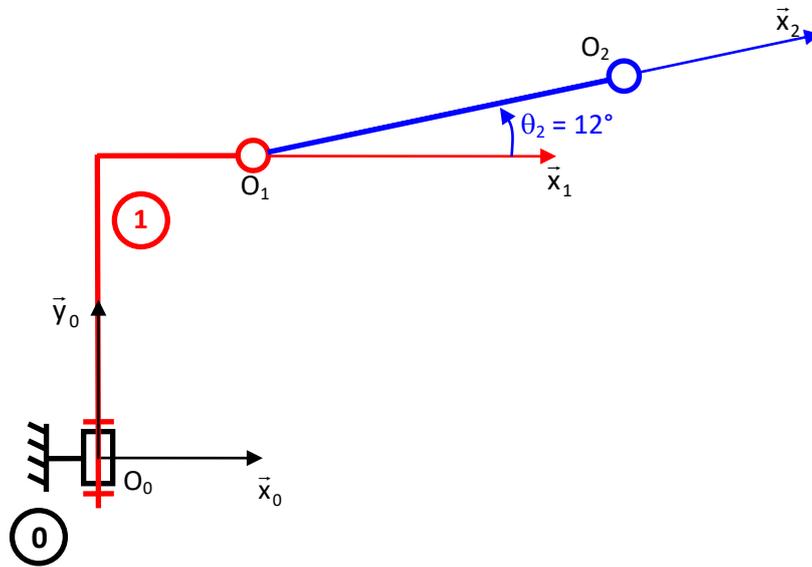
**Q.9.** Ecrire l'équation vectorielle correspondant à la fermeture géométrique (ABC) puis donner les 2 équations scalaires correspondant à la projection dans le repère 0 de l'équation vectorielle.

**Q.10.** Déterminer la loi entrée sortie du système de la forme  $\lambda(t) = f(\beta)$ .

**Q.11.** Déterminer la longueur initiale du vérin lorsque le harnais est en position fermée ( $\beta_i = -150^\circ$ ). Déterminer la longueur finale du vérin lorsque celui-ci est en position harnais ouvert ( $\beta_f = -40^\circ$ ). En déduire l'amplitude de déplacement du vérin  $\Delta\lambda$ . Conclure quant au cahier des charges.

**Document réponse 1 :**

Echelle : 1 cm = 0,25 m

 Sol