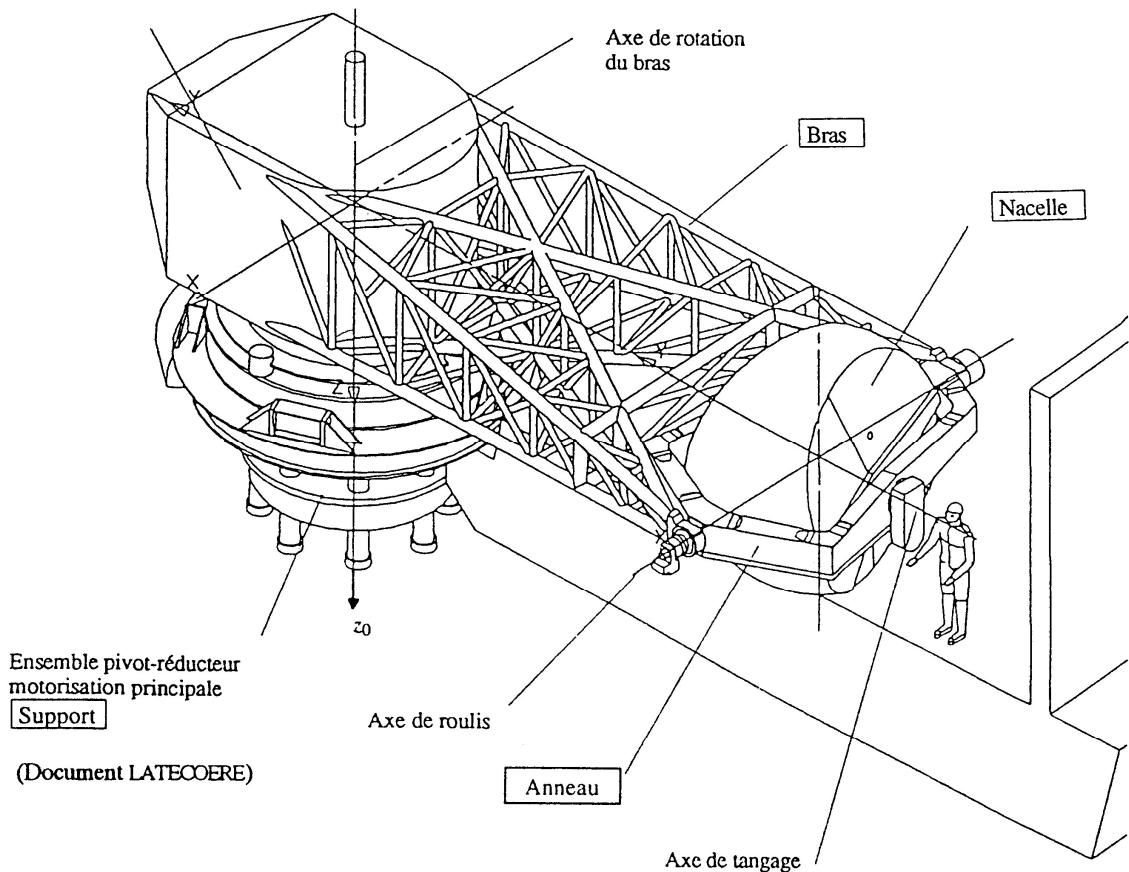


## CENTRIFUGEUSE HUMAINE

Dans le cadre de l'entraînement physiologique des pilotes ou des astronautes, l'utilisation d'une centrifugeuse humaine est un moyen avantageux de recréer au niveau du sol, les accélérations subies en vol. La figure ci-dessous représente une centrifugeuse à structure cinématique à quatre corps (support, bras, anneau et nacelle) assemblés par des liaisons pivots.

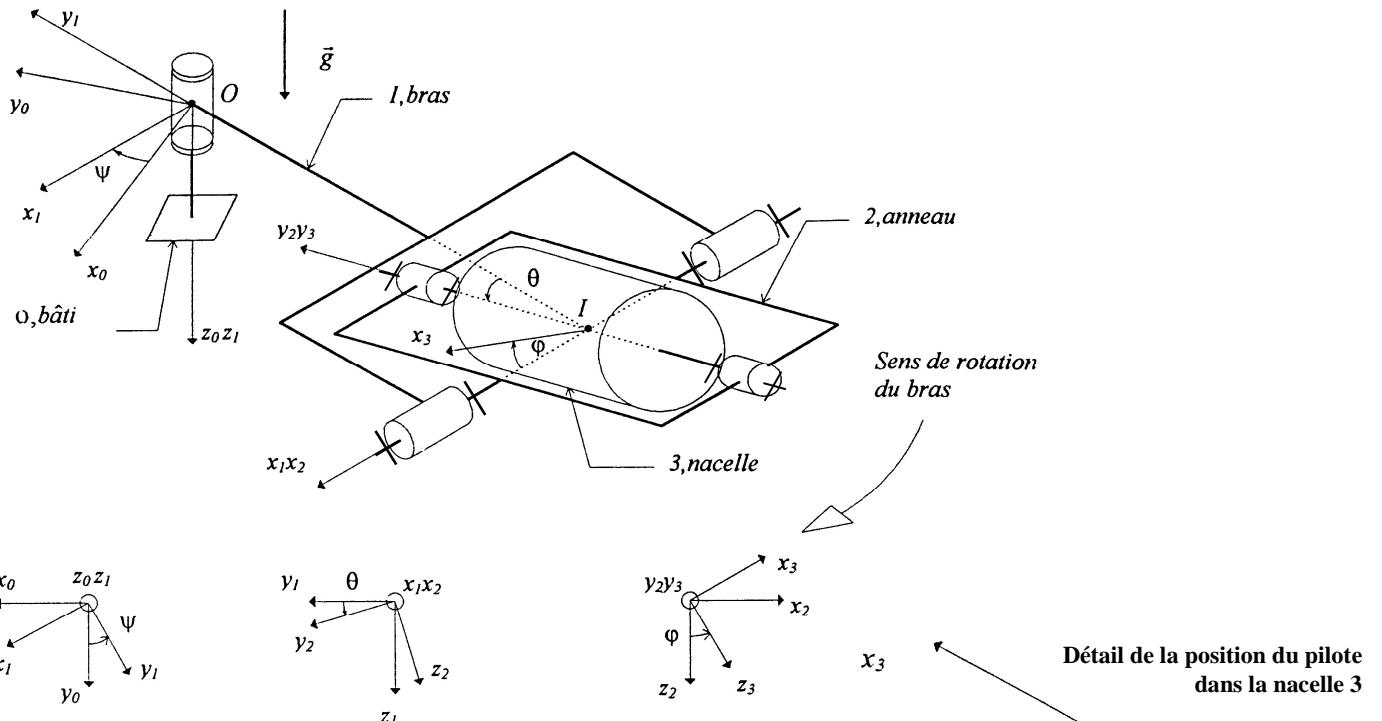


La figure de la page suivante représente le modèle cinématique de la centrifugeuse. Elle est constituée :

- d'un bâti 0 fixé au sol. Soit  $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  un repère orthonormé direct lié à 0.
- d'un bras 1 de longueur  $R$ ,  $\vec{OI} = -R \vec{y}_1$  en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{z}_0)$  par rapport au bâti 0, sa position est paramétrée par l'angle  $\psi$ ,  $\psi = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ . Soit  $R_1(I, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  un repère orthonormé direct lié à 1.
- d'un anneau 2 en liaison pivot d'axe  $(I, \vec{x}_1)$  par rapport au bras 1, sa position est paramétrée par l'angle  $\theta$ ,  $\theta$  est appelé l'angle de roulis,  $\theta = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$ . Soit  $R_2(I, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  un repère orthonormé direct lié à 2.
- d'une nacelle 3 dans laquelle prend place le pilote, en liaison pivot d'axe  $(I, \vec{y}_2)$  par rapport à l'anneau 2, sa position est paramétrée par l'angle  $\varphi$ ,  $\varphi$  est appelé l'angle de tangage,  $\varphi = (\vec{x}_2, \vec{x}_3)$ . Soit  $R_3(I, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  un repère orthonormé direct lié à 3.
- Soit  $G$  le centre de gravité du pilote,  $\vec{IG} = a \vec{z}_3$ ,  $a$  est supposé constant.

**Hypothèse :** Tous les solides sont considérés comme indéformables.

- Question préliminaire : rédiger le graphe des liaisons et donner le type de mécanisme.



Nota : les angles sont représentés positifs et les différents repères sont orthonormés directs.

#### Questions :

1. Exprimer le torseur cinématique caractéristique du mouvement du bras 1 par rapport au bâti 0, par ses éléments de réduction en 0,  $\{V_{1/0}\}_0$  puis en I,  $\{V_{1/0}\}_I$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
2. Exprimer le torseur cinématique caractéristique du mouvement de l'anneau 2 par rapport au bras 1, par ses éléments de réduction en I,  $\{V_{2/1}\}_I$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
3. Exprimer le torseur cinématique caractéristique du mouvement de la nacelle 3 par rapport à l'anneau 2, par ses éléments de réduction en I,  $\{V_{3/2}\}_I$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
4. Exprimer le torseur cinématique caractéristique du mouvement de la nacelle 3 par rapport au bâti 0, par ses éléments de réduction en I,  $\{V_{3/0}\}_I$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
5. Déterminer alors  $\vec{V}_{(G,3/0)}$  en fonction des paramètres donnés et de leur dérivée.

Soit  $\vec{G} = \vec{g} - \vec{a}_{(G,3/0)}$  le vecteur qui caractérise le nombre de « g » qui s'applique sur le pilote en G au cours de l'entraînement. Avec  $\vec{g}$  accélération de la pesanteur  $\vec{g} = \vec{g} \vec{z}_0$ .

On souhaite effectuer une séance d'entraînement simulant un déplacement dans un plan vertical. Pour cela le pilote ne doit pas être soumis à des accélérations latérales. Ce qui se traduit par  $\vec{G} \cdot \vec{y}_3 = 0$

Cet entraînement sera effectué avec un angle de tangage constant :  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ .

#### Questions :

6. Exprimer dans ces conditions la vitesse du centre de gravité du pilote par rapport au bâti,  $\vec{V}_{(G,3/0)}$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
7. Déterminer dans ces conditions la projection sur  $\vec{y}_3$  de l'accélération du centre de gravité du pilote par rapport au bâti,  $\vec{a}_{(G,3/0)} \cdot \vec{y}_3$ , en fonction des paramètres donnés et de leurs dérivées.
8. En déduire la condition sur l'angle  $\theta$  pour générer une composante  $G_y = \vec{G} \cdot \vec{y}_3$  nulle, en fonction de a, R, g,  $\dot{\psi}$  et  $\ddot{\psi}$ .