ETUDE DYNAMIQUE D'UN TRAIN D'ATTERRISSAGE

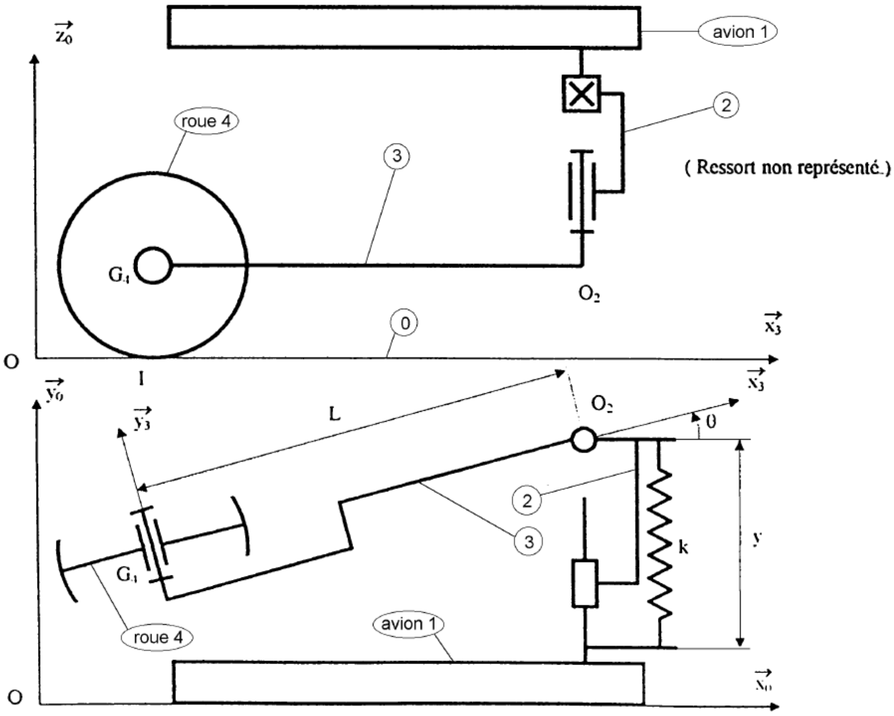
(MOUVEMENT DE SHIMMY)

Objectif

— Etudier le mouvement, dit de shimmy, d'une roue de train d'atterrissage d'avion lorsque son axe de rotation propre est en arrière de l'axe permettant son orientation.

1 Modélisation

La piste est le plan horizontal $(O,\vec{x}_0,\vec{y}_0)$, repéré(0), de normale $\vec{z}_0$. L'accélération de la pesanteur est notée $\vec{g} = -g\vec{z}_0$. Le fuselage de l'avion est repéré (1). Il se déplace en translation selon $\vec{x}_0$ à vitesse constante V. Le train d'atterrissage, modélisé en suspension bloquée, est un ensemble déformable repéré (2 + 3). La partie (2) est en liaison glissière parfaite de direction $\vec{y}_0$ avec le fuselage (1) de l'avion. Un ressort de longueur à vide l_0, de longueur $y(t)$ à tout instant et de raideur k relie également (1) à (2).



La liaison entre (2) et (3) et une liaison pivot avec une composante de frottement proportionnelle à la vitesse de rotation $\dot{\theta}(t)$. Le coefficient de proportionnalité et μ avec $\mu > 0$.

La roue du train d'atterrissage, solide (4), est en liaison pivot parfaite d'axe $(G_4,\vec{y}_3)$ avec le solide (3). Elle est également en liaison sphère/plan de normale $(I,\vec{z}_0)$ avec la piste (0). Le rayon de la roue est noté R. On a donc $\overrightarrow{IG_4} = R\vec{z}_0$. On pose $\overrightarrow{\Omega}(4/3) = \dot{\phi}(t)\vec{y}_3$.

Dans ce problème on néglige la masse et les inerties des solides (2) et (3).

La roue (4) a une masse m et une matrice d'inertie au point G_4 qui est diagonale dans toute base orthonormée directe $(-,\vec{y}_3,-)$.

On note A le moment d'inertie de la roue (4) autour de tout axe perpendiculaire à $\vec{y}_3$ et passant par G_4.

On note B le moment d'inertie de la roue (4) autour de l'axe $(G_4,\vec{y}_3)$.

On note $\overrightarrow{F} = F_x\vec{x}_3 + F_y\vec{y}_3 + F_z\vec{z}_0$ l'action en I de la piste (0) sur la roue (4).

2 Travail demandé

Q1. Ecrire les torseurs cinématiques compatibles avec chaque liaisons.

Q2. En développant l'hypothèse de roulement sans glissement en I, déterminer deux relations algébriques reliant les paramètres $\theta(t)$, $\dot{\theta}(t)$, $\dot{\phi}(t)$, $\dot{y}(t)$, L, R et V.

Q3. Faire le bilan sous la forme d'un graphe de structure de toutes les actions mécaniques extérieures et intérieures au système.

Q4. Après avoir précisé les systèmes isolés ainsi que les théorèmes utilisés, trouver trois autres équations reliant $\theta(t)$, $\dot{\theta}(t)$, $\ddot{\theta}(t)$, $\ddot{\phi}(t)$, $y(t)$, $\ddot{y}(t)$, F_x, F_y, l_0, L, R, A, B, m, μ.

Q5. Que deviennent ces relations en régime stabilisé, c'est à dire lorsque $\theta = \dot{\theta} = 0$?

Nous allons étudier les petites variations autour de ce point d'équilibre. Pour cela posons : $\begin{cases} y(t) = y_0 + \epsilon(t) \\ \dot{\phi}(t) = \dot{\phi}_0 + \eta(t) \end{cases}$

Q6. Montrer que si $\theta(t), \dot{\theta}(t), \epsilon(t), \dot{\epsilon}(t)$ sont des infiniment petits du premier ordre alors $\eta(t)$ est un infiniment petit du deuxième ordre.

Q7. Etablir dans ces conditions l'équation différentielle régissant le petit déplacement angulaire $\theta(t)$.