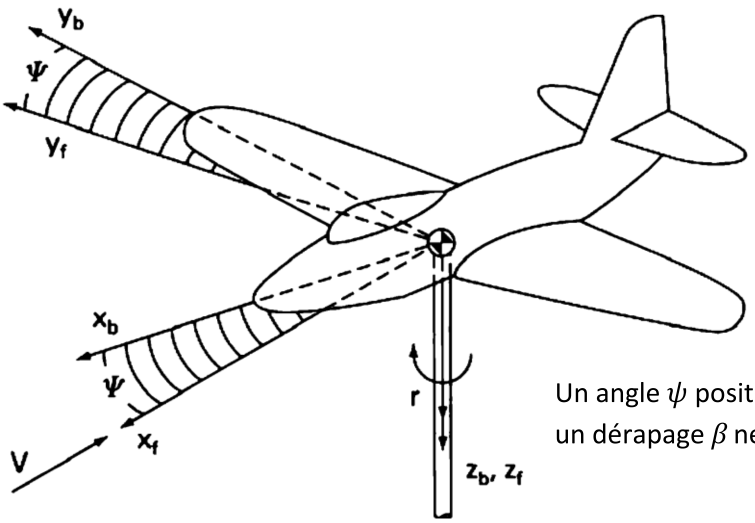
BE-2 : Mouvement Latéral

Figure 1 : Ryan Navion USAF 1948

Prenons pour exemple un mouvement à un degré de liberté, en s'intéressant au mouvement d'un avion qui serait contraint de sorte à ne pouvoir réaliser qu'un simple mouvement de lacet. La figure suivante illustre un montage en soufflerie qui réaliserait ce type de mouvement sur une maquette.



Un angle ψ positif correspond à un dérapage β négatif

Figure 2 : modèle réduit en soufflerie contraint à un pur mouvement de lacet

Dans ce cas l'équation du mouvement s'écrit da la façon suivante :

$$I_z \frac{dr}{dt} = \sum \text{moments de lacet} = N$$

avec $r = \dot{\psi}$

En considérant des mouvements autour d'un point d'équilibre, si l'on écrit le moment de lacet N et l'angle d'azimut ψ :

$$N = N_0 + \varDelta N \qquad \psi = \psi_0 + \varDelta\psi$$

On obtient l'équation :

$$I_z \, \varDelta\ddot{\psi} = \varDelta N \tag{1}$$

Avec au premier ordre :

$$\varDelta N = \frac{\partial N}{\partial \beta}\varDelta\beta + \frac{\partial N}{\partial r}\varDelta r + \frac{\partial N}{\partial \delta_n}\varDelta\delta_n$$

Due à la contrainte sur l'avion et sur son centre de gravité, nous avons les relations suivantes entre ψ, β et r.

$$\varDelta\psi = -\varDelta\beta \qquad et \qquad \varDelta\dot{\psi} = \varDelta r$$

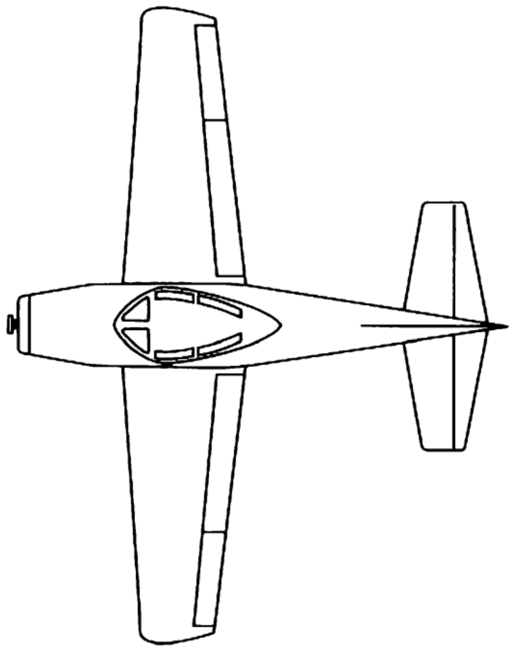
Question :

En utilisant les données en annexe pour un aéronef d'aviation générale type Ryan Navion, déterminez :

a) Les équations du mouvement mises sous forme d'état $\dot{X} = f(X, U)$ puis sous forme linéaire $\dot{X} = A\,X + B\,U$
b) Estimer l'effet initial $\Delta\dot{\psi}$ et $\Delta\dot{r}$ pour un échelon de gouverne $\Delta\delta n = 5°$, et déterminer l'état final ($\Delta\psi$ et Δr)
c) L'équation caractéristique et les valeurs propres du système
d) l'amortissement λ et la pulsation propre non amortie ω_0
e) puis l'amortissement réduit ξ et la période des oscillations $\mathrm{T} = 2\pi/\omega_n$

On suppose que l'état d'équilibre initial est β=0, r=0.

Annexe : Données du Ryan Navion

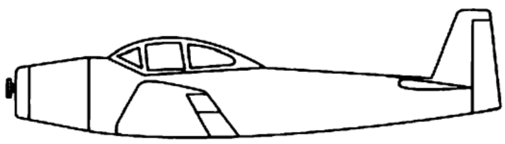


Centrage et masse :

- m = 1250 kg
- cg à 29,5% de la corde
- I_x = 1420 kg.m²
- I_y = 4067 kg.m²
- I_z = 4786 kg.m²
- I_{xz} = 0

Géométrie de référence :

- Surface S = 17 m²
- Envergure b = 10,2 m
- Corde $\bar{c}$ = 1,7 m



Les **coefficients aérodynamiques latéraux** (par radian) pour une vitesse en Mach **M = 0,158** au niveau de la mer

Coef.	Cy	Cl	Cn
β	$Cy_\beta = -0{,}564$	Cl_β = -0,44	Cn_β = 0,43
p	Cy_p = 0	Cl_p = -7,38	Cn_p = -1,035
r	Cy_r = 0	Cl_r = 1,93	Cn_r = -2,25
δl	$Cy_{\delta l}$ = 0	$Cl_{\delta l}$ = -0,80	$Cn_{\delta l}$ = -0,021
δn	$Cy_{\delta n}$ = 0,157	$Cl_{\delta n}$ = 0,642	$Cn_{\delta n}$ = -0,43

$$Y = \frac{1}{2}\rho V^2 S\, Cy \text{ avec } \quad Cy = Cy_\beta \beta + Cy_p \frac{p\,\bar{c}}{V} + Cy_r \frac{r\,\bar{c}}{V} + Cy_{\delta l}\delta l + Cy_{\delta n}\delta n$$

$$N = \frac{1}{2}\rho V^2 S\bar{c}\, Cn \ldots$$