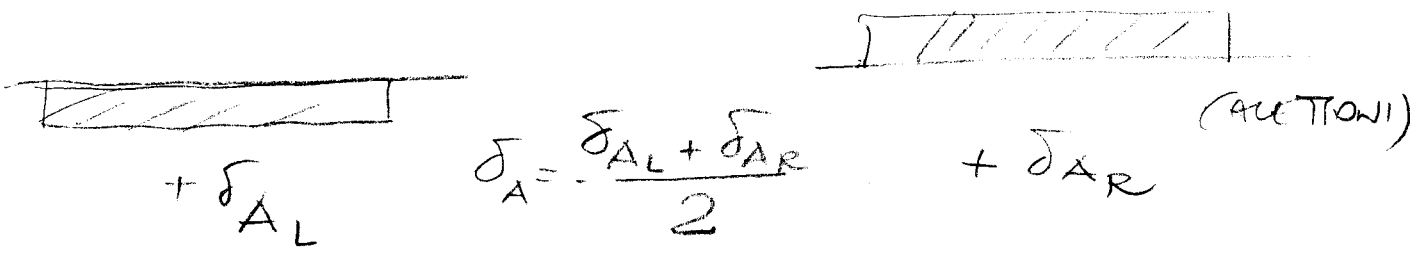
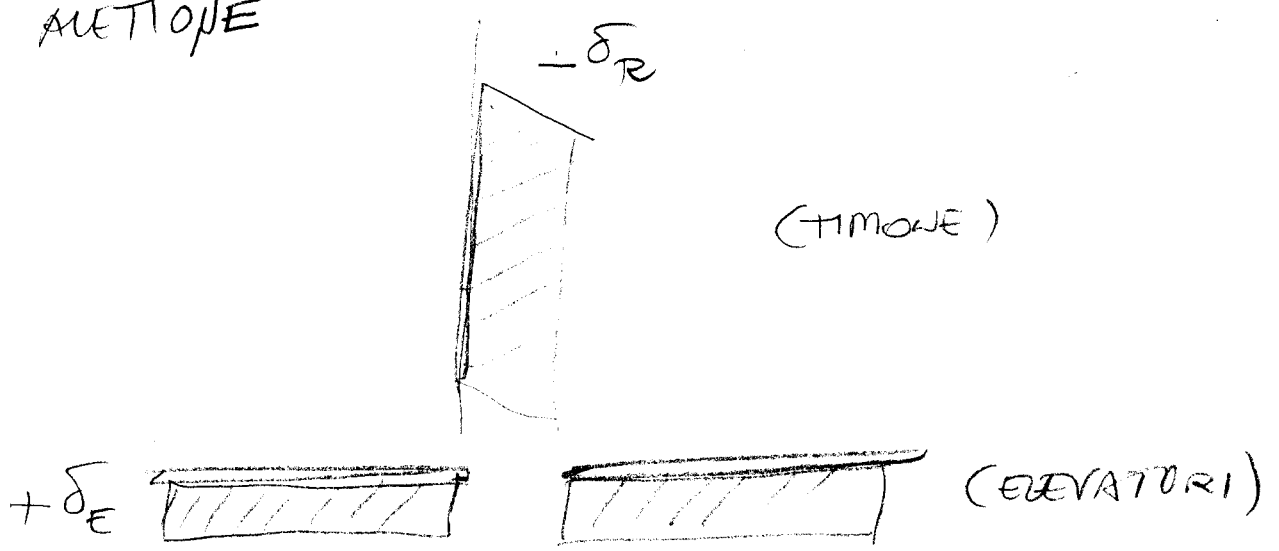
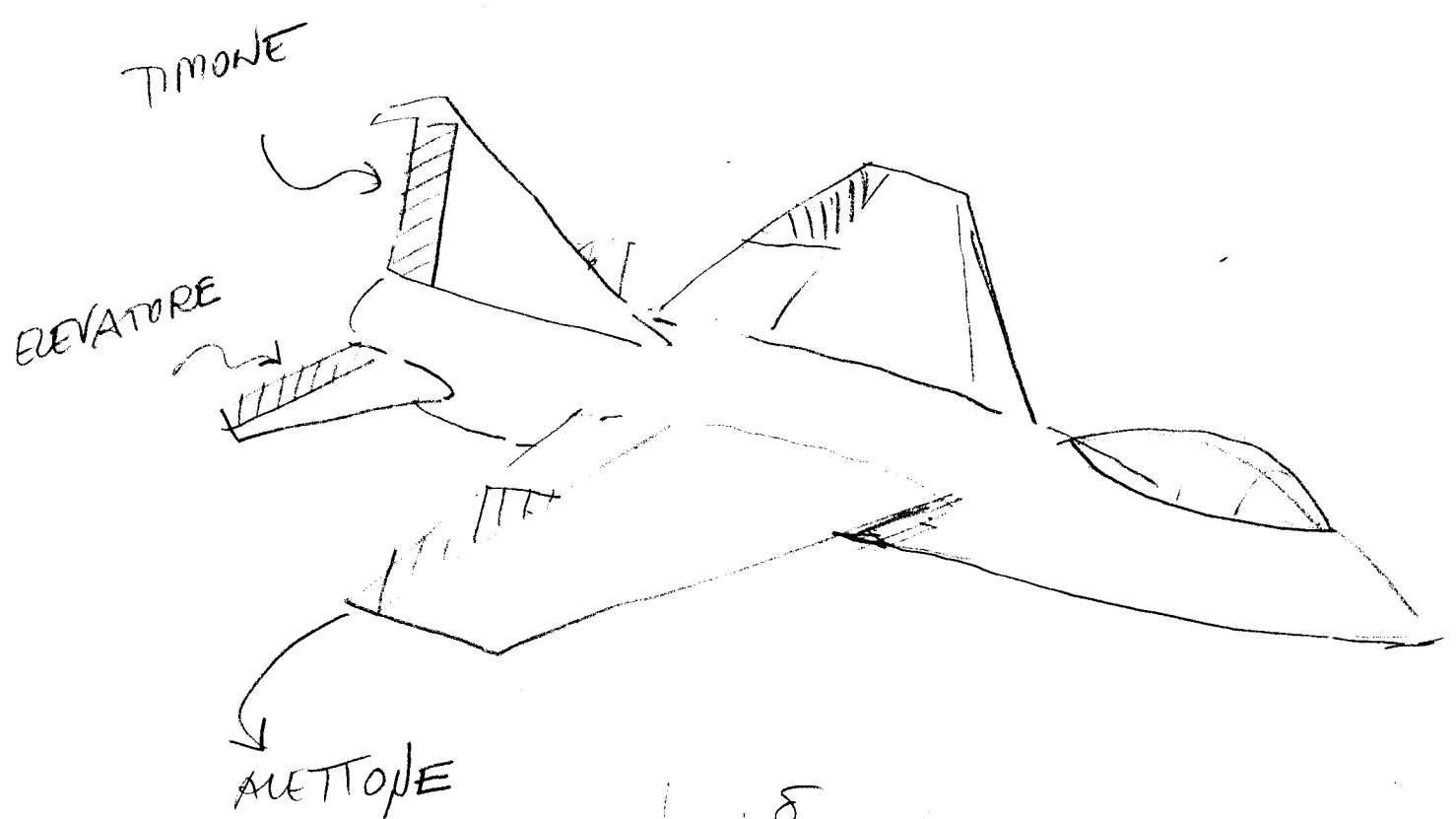
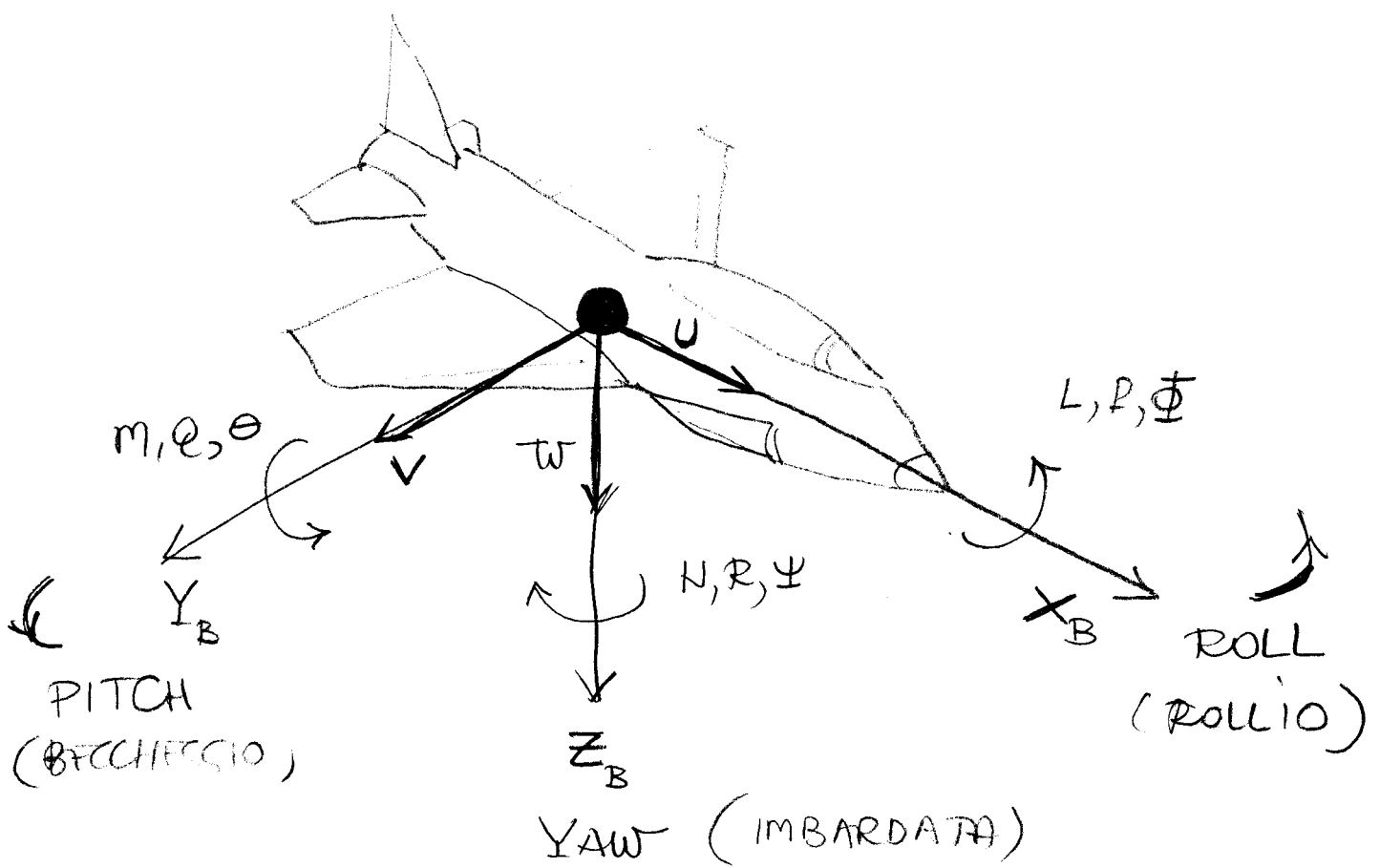


SUPERFICI DI CONTROLLO



7

SISTEMI DI RIFERIMENTO



- U, V, W velocità lineari.
- L, M, N momenti
- P, Q, R velocità angolari
- Φ, Θ, Ψ angoli di Eulero
- V_T velocità lineare (totale), ω velocità angolare (totale)

EQUAZIONI

3

(Forze esterne applicate F)

$$X = m [\dot{U} + QW - RV + g \sin \Theta]$$

$$Y = m [\dot{V} + RU - PW - g \cos \Theta \sin \Phi]$$

$$Z = m \left[\underbrace{\dot{W} + PV - QU}_{\text{AERODINAMICHE + (PROPULSIVE)}} - \underbrace{g \cos \Theta \cos \Phi}_{\text{GRAVITAZIONALI}} \right]$$

MOTO DI TRASLAZIONE

(coppie applicate)

$$L = \dot{P} I_{xx} - I_{xz} (\dot{R} + PQ) + (I_{zz} - I_{yy}) QR$$

$$M = \dot{Q} I_{yy} + I_{xz} (P^2 - R^2) + (I_{xx} - I_{zz}) PR$$

$$N = \dot{R} I_{zz} - I_{xz} \dot{P} + PQ(I_{yy} - I_{xx}) + I_{xz} QR$$

MOTO DI ROTAZIONE

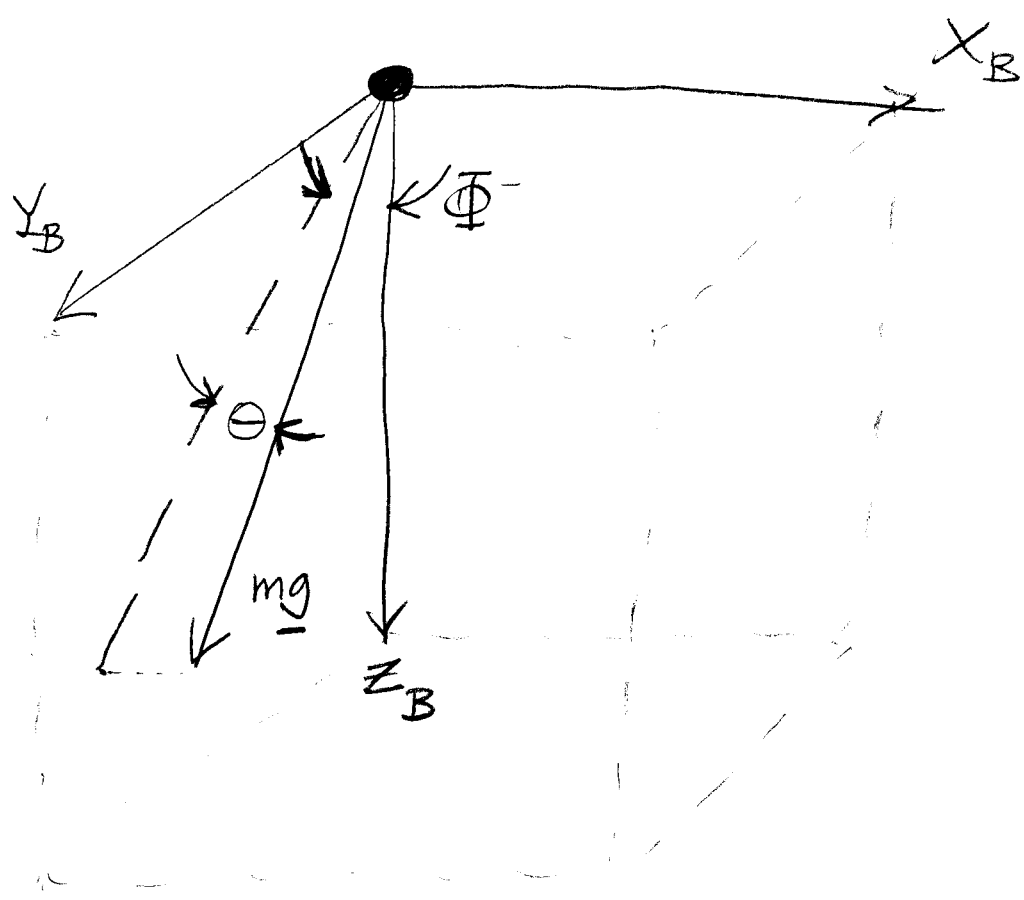
$$\underline{F} = \underline{x}_B X + \underline{y}_B Y + \underline{z}_B Z$$

$$\underline{M} = \underline{x}_B L + \underline{y}_B M + \underline{z}_B N$$

MATRICE DI INERZIA

$$I = \begin{pmatrix} I_{xx} & -I_{xy} & -I_{xz} \\ -I_{xy} & I_{yy} & -I_{yz} \\ -I_{xz} & -I_{yz} & I_{zz} \end{pmatrix}$$

4



angoli di Eulero Φ, θ, ψ

5

Se $\dot{\Psi}$ è la velocità angolare del sistema di riferimento $X_B Y_B Z_B$ intorno a mg , si hanno le seguenti relazioni tra $\dot{\Psi}, \dot{\Theta}, \dot{\Phi}$ e P, Q, R

$$P = \dot{\Phi} - \dot{\Psi} \sin \Theta$$
$$Q = \dot{\Theta} \cos \Phi + \dot{\Psi} \cos \Theta \sin \Phi$$
$$R = -\dot{\Theta} \sin \Phi + \dot{\Psi} \cos \Theta \cos \Phi$$

ovvero

$$\dot{\Phi} = P + \dot{\Psi} \sin \Theta$$
$$\dot{\Theta} = Q \cos \Phi - R \sin \Phi$$
$$\dot{\Psi} = \frac{R \cos \Phi}{\cos \Theta} + \frac{Q \sin \Phi}{\cos \Theta}$$

Φ, Θ e Ψ sono gli angoli di Eulero.
(se $\Theta = 0 \Rightarrow P = \dot{\Phi}$; se $\Phi = 0 \Rightarrow Q = \dot{\Theta}$)

6

CONDIZIONI DI TRIM

(accelerazioni traslazionali/rotazionali nulle)

$$X_0 = m [Q_0 W_0 - R_0 V_0 + g \sin \theta_0]$$

$$Y_0 = m [R_0 U_0 - P_0 W_0 - g \cos \theta_0 \sin \phi_0]$$

$$Z_0 = m [P_0 V_0 - Q_0 U_0 - g \cos \theta_0 \cos \phi_0]$$

$$L_0 = I_{xz} P_0 Q_0 + (I_{xz} - I_{yy}) Q_0 R_0$$

$$M_0 = I_{xz} (P_0^2 - R_0^2) + (I_{xx} - I_{zz}) P_0 R_0$$

$$N_0 = P_0 Q_0 (I_{yy} - I_{xx}) + I_{xz} Q_0 R_0$$

$$P_0 = \dot{\Phi}_0 - \dot{\Psi}_0 \sin \theta_0$$

$$Q_0 = \dot{\Theta}_0 \cos \phi_0 + \dot{\Psi}_0 \cos \theta_0 \sin \phi_0$$

$$R_0 = -\dot{\Theta}_0 \sin \phi_0 + \dot{\Psi}_0 \cos \theta_0 \cos \phi_0$$

(7)

LINEARIZZAZIONE INTORNO SUE CONDIZIONI DI TRIM

$$x = m \left[\dot{u} + W_0 q + Q_0 w - V_0 z - R_0 v + (g \cos \theta_0) \cdot \vartheta \right]$$

$$y = m \left[\dot{v} + R_0 u + z U_0 - P_0 w - \beta W_0 - (g \cos \theta_0 \cos \phi_0) \varrho + (g \sin \theta_0 \sin \phi_0) \cdot \vartheta \right]$$

$$z = m \left[\dot{w} + V_0 \phi + P_0 v - U_0 q - Q_0 u + (g \cos \theta_0 \sin \phi_0) \varrho + (g \sin \theta_0 \cos \phi_0) \vartheta \right]$$

$$\varrho = I_{xx} \dot{\phi} - I_{xz} \dot{z} + (I_{zz} - I_{yy}) (P_0 z + R_0 q) - I_{xz} (P_0 q + Q_0 p)$$

$$m = I_{yy} \dot{q} + (I_{xx} - I_{zz}) (P_0 z + R_0 p) - (2 R_0 z - 2 P_0 p) I_{xz}$$

$$n = I_{zz} \dot{z} - I_{xz} \dot{\phi} + (I_{yy} - I_{xx}) (P_0 q + Q_0 p) + I_{xz} (Q_0 z + R_0 q)$$

(8)

$$p = \dot{\varphi} - \dot{\Psi} \sin \theta_0 - \dot{\vartheta} (\dot{\Psi}_0 \cos \theta_0)$$

$$q = \dot{\psi} \cos \phi_0 - \dot{\vartheta} (\dot{\Psi}_0 \sin \phi_0 \sin \theta_0) \\ + \dot{\Psi} (\sin \Phi_0 \cos \theta_0)$$

$$+ \varphi (\dot{\Psi}_0 \cos \theta_0 \cos \Phi_0 - \dot{\theta}_0 \sin \phi_0)$$

$$r = \dot{\Psi} \cos \theta_0 \cos \Phi_0 - \dot{\psi} \sin \phi_0$$

$$- \dot{\vartheta} (\dot{\Psi}_0 \sin \theta_0 \cos \phi_0) - \varphi (\dot{\Psi}_0 \cos \theta_0 \sin \Phi_0 + \dot{\theta}_0 \cos \phi_0)$$