

# Sustentation et Propulsion

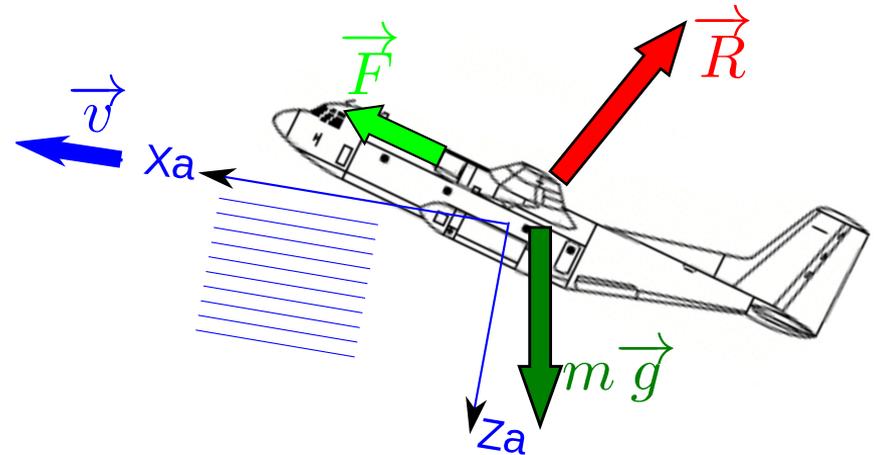
- Bilan des forces
- Facteur de charge
- Équations de **sustentation** et de **propulsion**

# Bilan des forces

- Les quatre forces
- Finesse
- Poussée

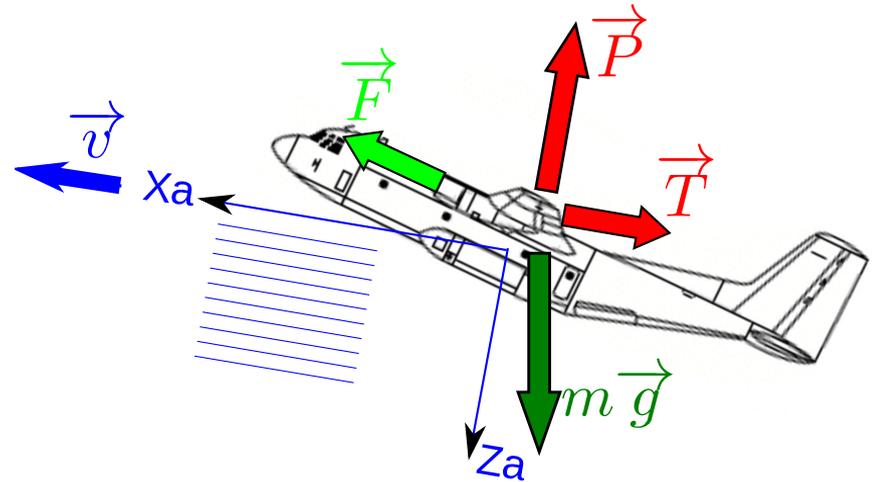
# La résultante aérodynamique

- Forces aérodynamiques hors propulsion
- Séparation arbitraire entre  $\vec{F}$  et  $\vec{R}$
- Regroupe les forces sur l'ensemble de l'avion
  - Fuselage
  - Ailes
  - Empennages



# Les quatres forces

- La portance :  $\perp$  vitesse air
- La traînée :  $\parallel$  vitesse air
- La poussée
- Le poids



Par définition, le travail de la portance est nul ( $\vec{P} \perp \vec{v}$ ).  
 La traînée est responsable des échanges d'énergie avec l'atmosphère

# La Finesse

$$\text{finesse} = \frac{\text{Portance}}{\text{Traînée}}$$

- Indique l'efficacité aérodynamique
- Finesse maximum typique :

7	Avion de chasse
12	Avion léger
25	Avion de ligne
60	Planeur de compétition

# La poussée



Mirage IV avec fusées JATO (<http://anfas.fr>)

- En général colinéaire au fuselage et à  $\vec{v}$  si  $\alpha$  est petit
- Parfois composante  $\perp \vec{v}$  due à :
  - Incidence  $\alpha$
  - Angle de calage  $\epsilon$

# Facteur de charge

- Principe Fondamental de la Dynamique
- Le vecteur facteur de charge
- Et en pratique

# Principe Fondamental de la Dynamique

- Cas général

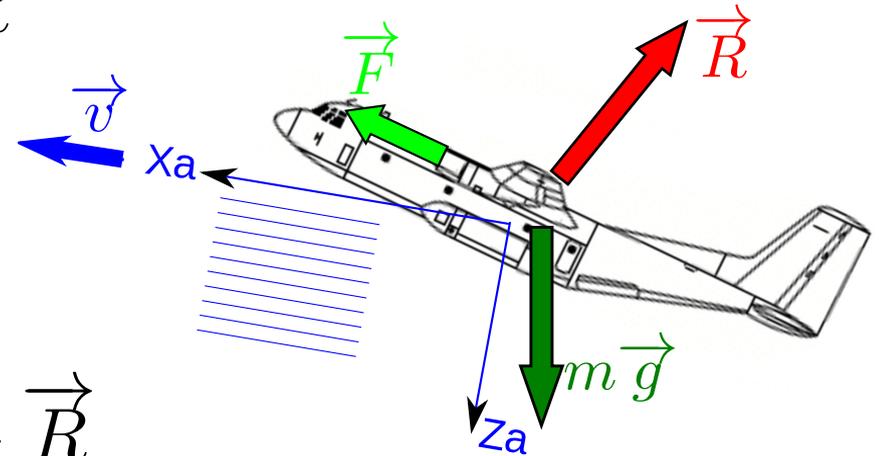
$$m \underbrace{\frac{d\vec{V}_G}{dt}} = m \vec{g} + \vec{F} + \vec{R}$$

accélération en G

- A l'équilibre

$$\vec{0} = m \vec{g} + \vec{F} + \vec{R}$$

soit 
$$-m \vec{g} = \vec{F} + \vec{R}$$



# Facteur de charge

$$m \frac{d\vec{V}_G}{dt} = m \vec{g} + \vec{F} + \vec{R}$$

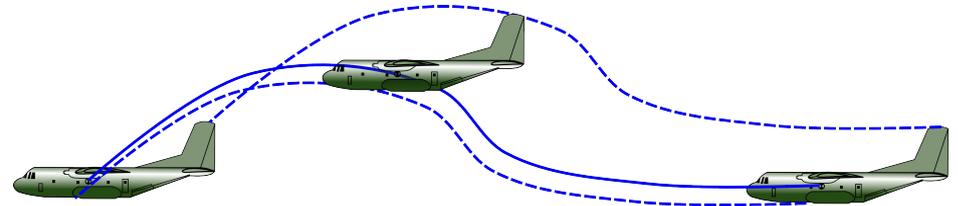
$$-mg \underbrace{\left( \frac{\vec{g}}{g} - \frac{1}{g} \frac{d\vec{V}_G}{dt} \right)}_{\text{facteur de charge}} = \vec{F} + \vec{R}$$

$$\boxed{-mg \vec{n} = \vec{F} + \vec{R}}$$

Mêmes forces extérieures que pour un poids  $mg \vec{n}$

# Facteur de charge

- Toutes les parties de l'avion
  - Même trajectoire
  - Même vitesse
  - Même accélération
  - Même facteur de charge



- Forces sur chaque sous système équilibrent  $mg\vec{n}$

# Équations de sustentation et propulsion



- Projection du PFD
- Expression avec facteur de charge
- Cas particulier : le vol en palier

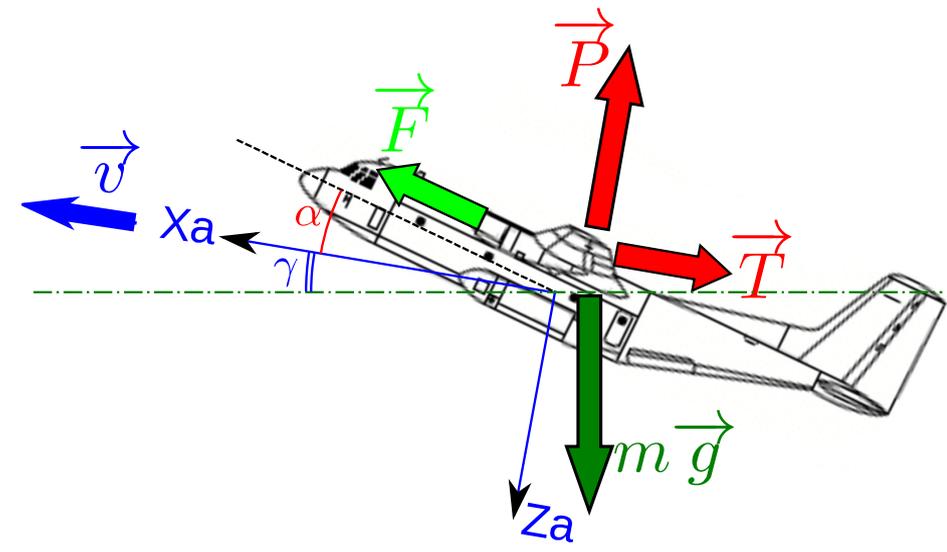
# Projection du PFD

- Équation de sustentation
  - Projection selon  $Z_a$

$$m \underbrace{v \frac{d\gamma}{dt}}_{\text{accel. } Z_a} = P - mg \cos(\gamma) + F \sin(\alpha + \epsilon)$$

- Équation de propulsion
  - Projection selon  $X_a$

$$m \underbrace{\frac{dv}{dt}}_{\text{accel. } X_a} = \underbrace{F \cos(\alpha + \epsilon) - T}_{\text{bilan-propulsif}} - \underbrace{mg \sin(\gamma)}_{\text{poids-pente}}$$



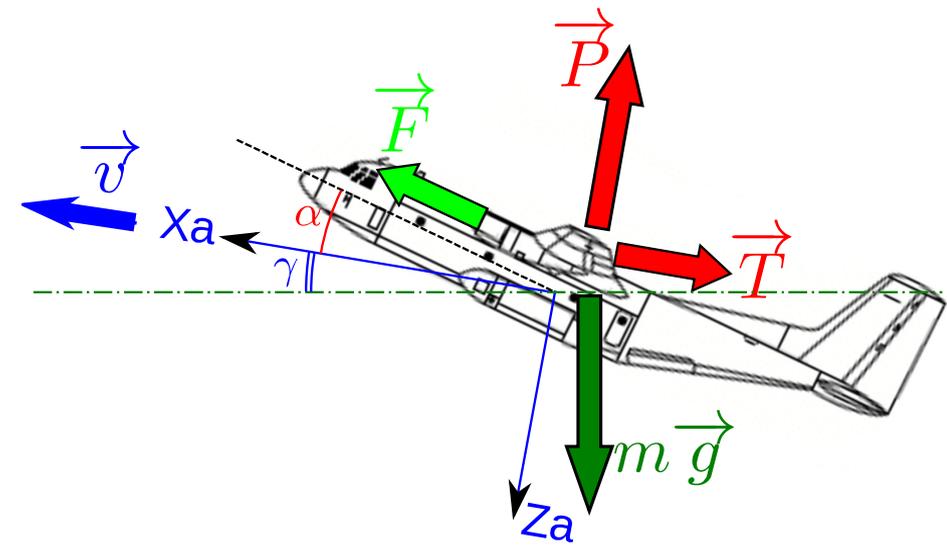
# Projection du PFD

- Équation de sustentation
  - Projection selon  $Z_a$

$$mg \, n_{Z_a} = P + F \sin(\alpha + \epsilon)$$

- Équation de propulsion
  - Projection selon  $X_a$

$$m \, g \, n_{X_a} = \underbrace{F \cos(\alpha + \epsilon) - T}_{\text{bilan-propulsif}}$$



# Le vol en palier

- Équation de sustentation
  - On suppose que  $\alpha$  et  $\epsilon$  sont très petits

$$0 = P - mg \quad \boxed{P=mg}$$

- Équation de propulsion

- Idem

$$0 = F - T \quad \boxed{F=T}$$

- Finesse

$$f = \frac{P}{T} \quad \text{soit} \quad T = \frac{mg}{f} \quad \text{et donc} \quad \boxed{F = \frac{mg}{f}}$$

