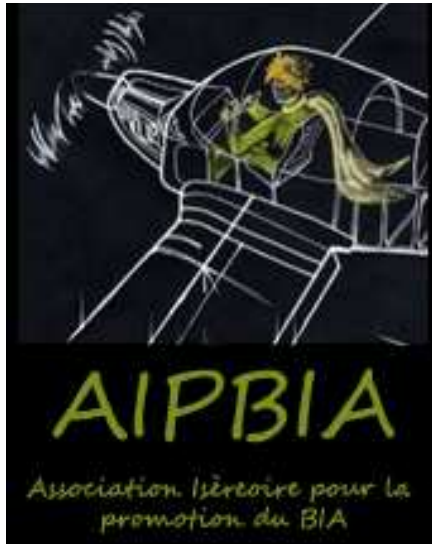
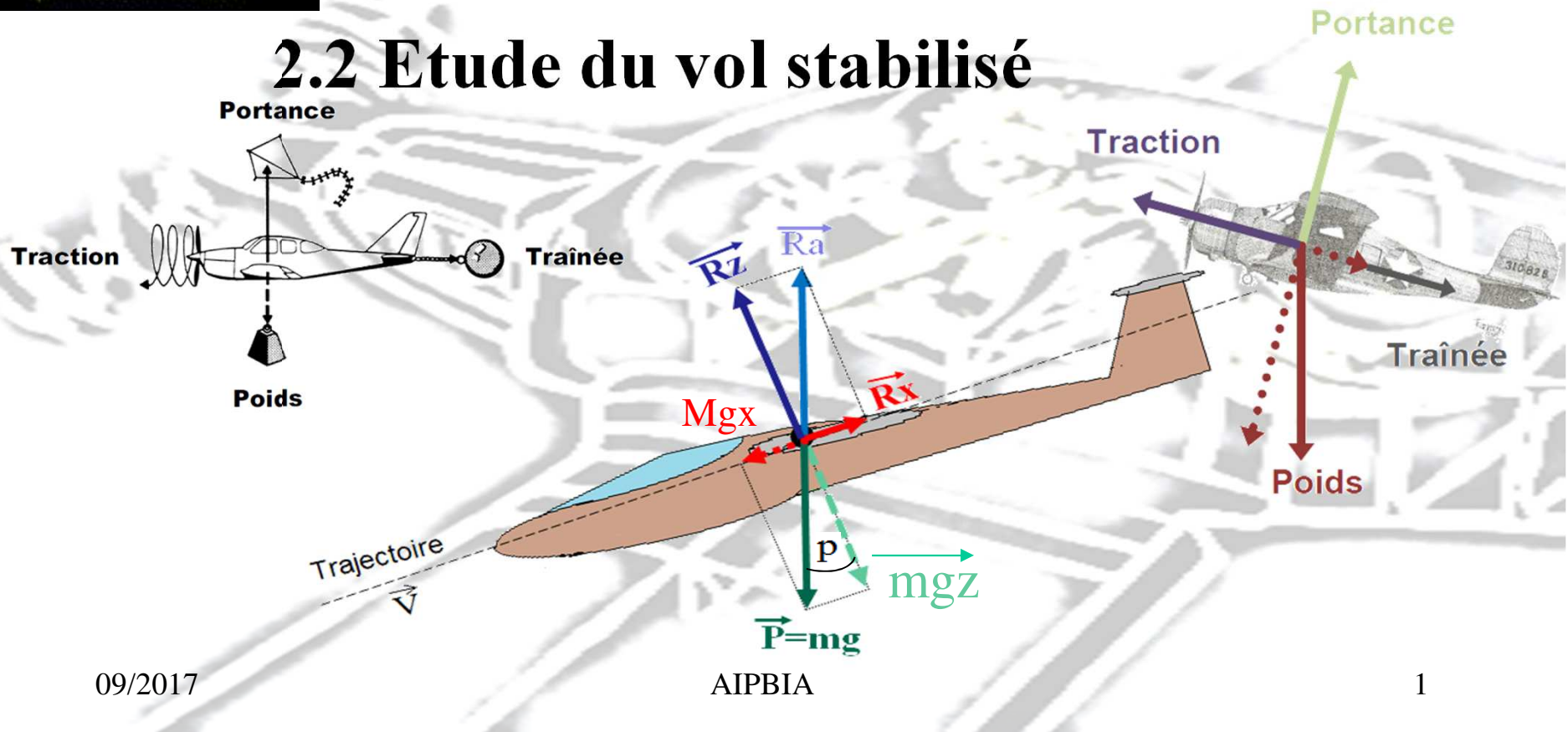




Aérodynamique, Aérostatique Principes du vol

2.2 Etude du vol stabilisé



Aérodynamique, Aérostatique et principes de vol

2.2 Etude du vol stabilisé

- Vol plané

 - Caractérisation du poids

 - Equilibre des forces

- Vol motorisé

 - Traction, propulsion

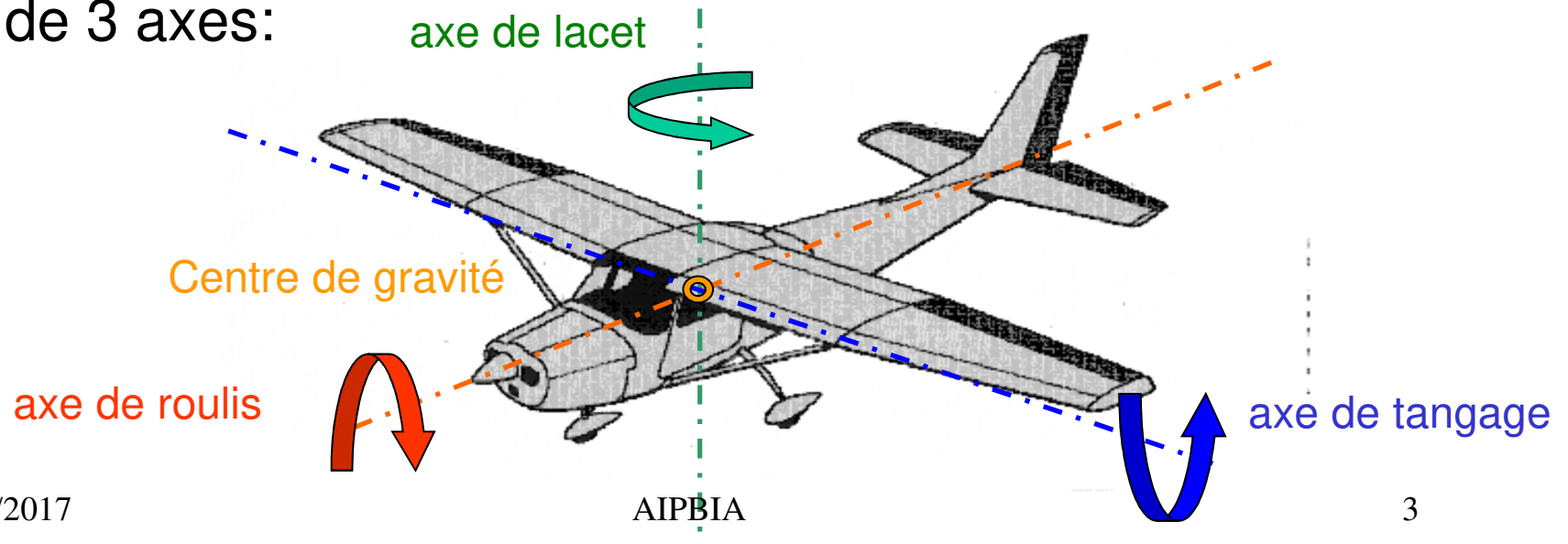
 - Ligne droite en palier

 - Virage en palier (facteur de charge, centrifugation)

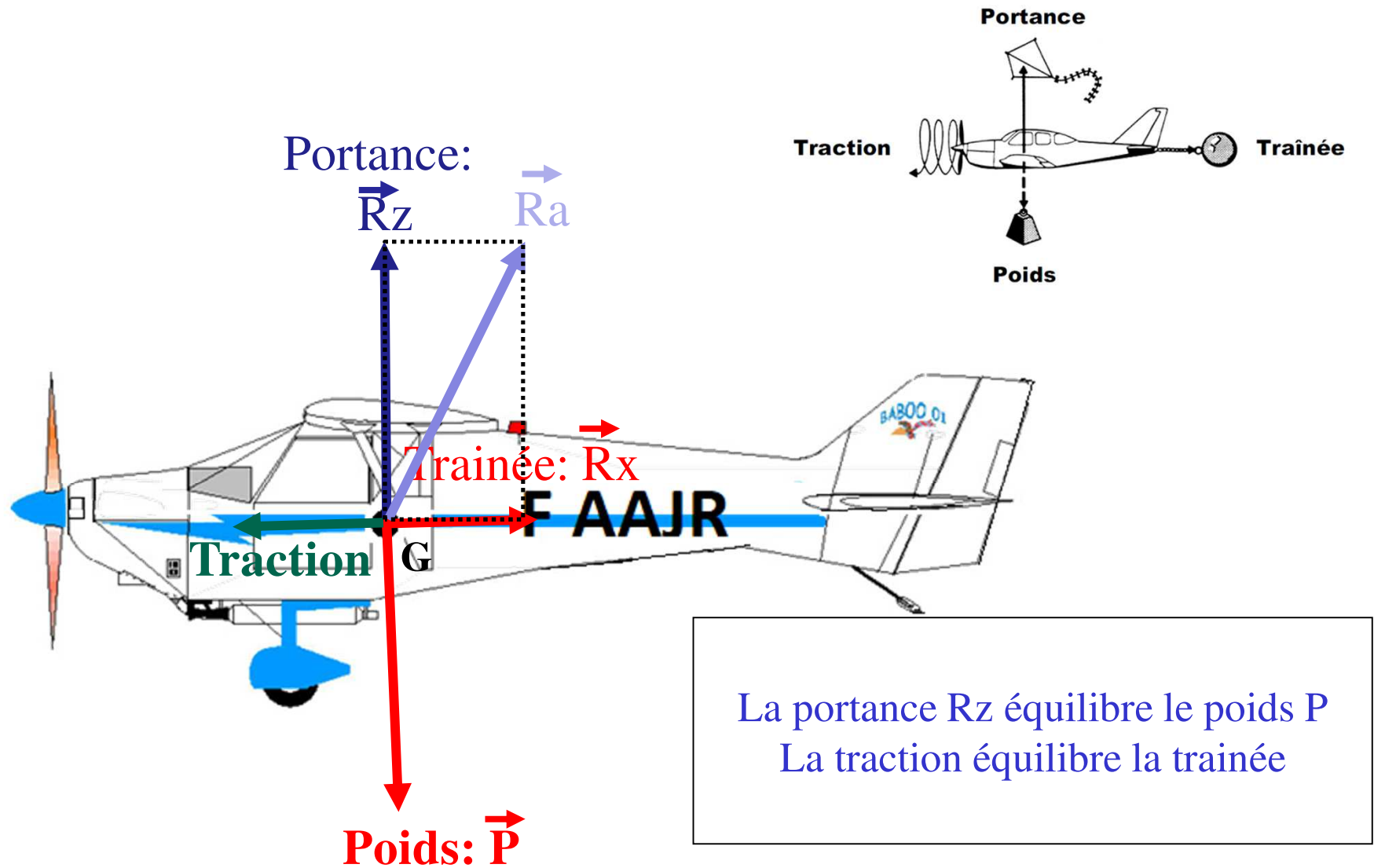
 - Montée et descente

L'avion dans l'espace

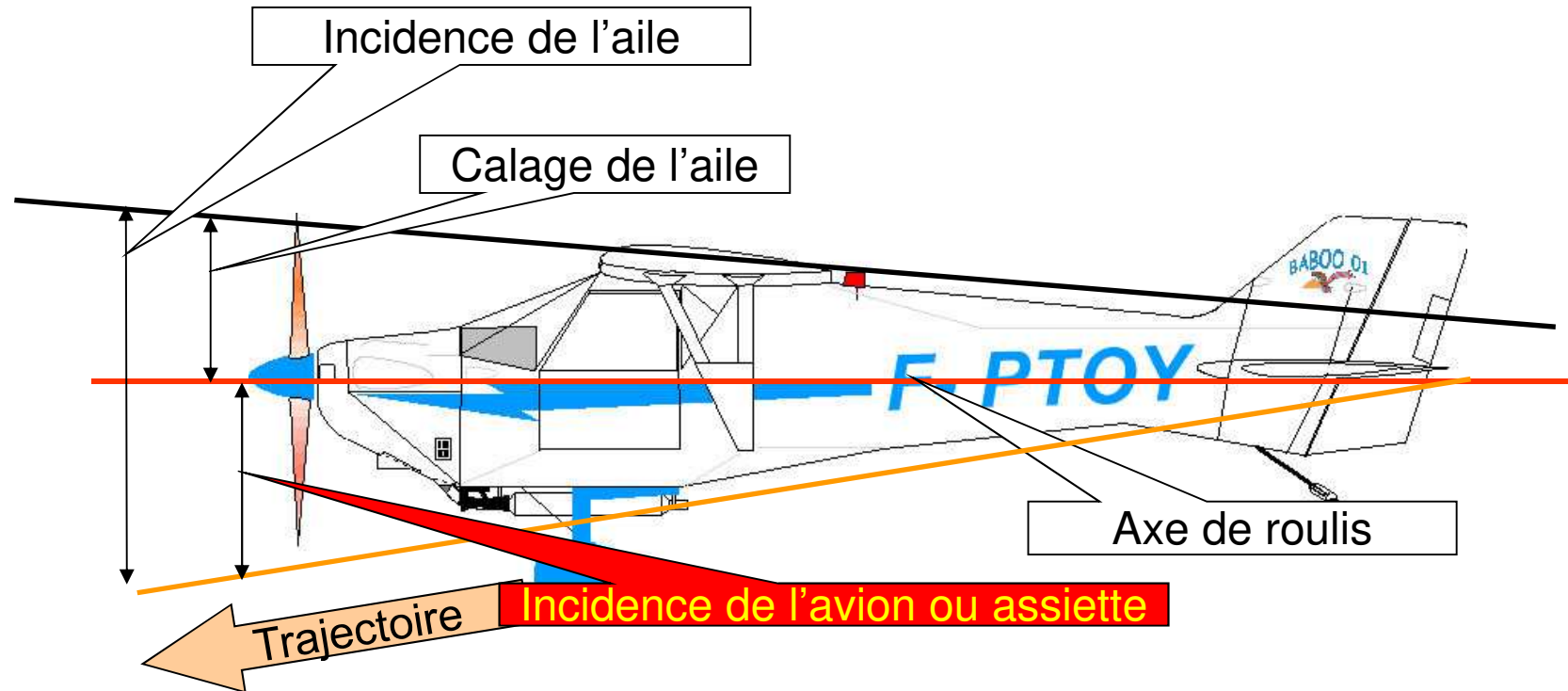
- On peut assimiler l'avion à son centre de gravité qui se déplace dans un volume d'air
- On doit aussi considérer le mouvement de l'avion autour de son centre de gravité
- Le contrôle du vol a pour objet de piloter les mouvements de l'avion autour de son centre de gravité
 - ce contrôle aura pour objet d'effectuer des rotations autour de 3 axes:



Les forces appliquées à l'avion



Position par rapport à la trajectoire (rotation par rapport à l'axe de tangage)



Le calage de l'aile est l'angle formé par la corde de l'aile et l'axe de roulis

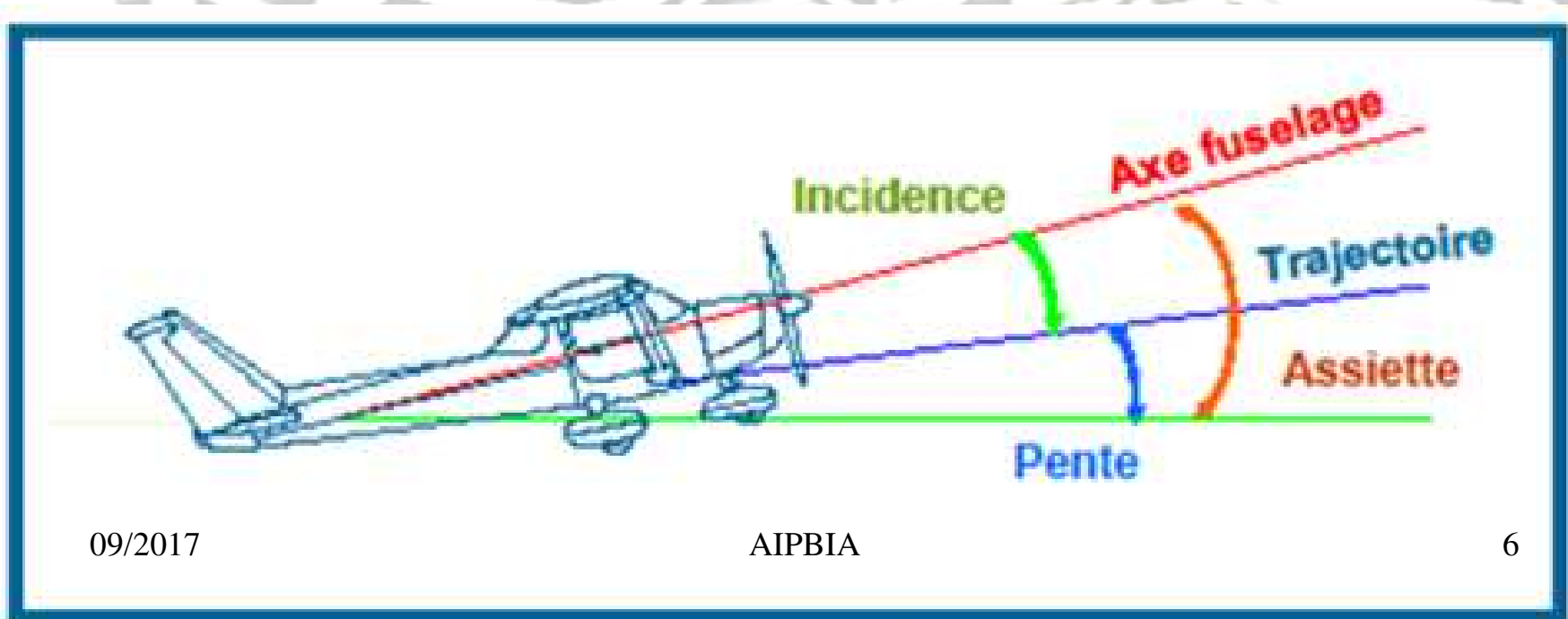
L'angle d'incidence de l'avion est défini comme étant celui entre l'axe longitudinal (axe de roulis) et la trajectoire (ou la direction du vent relatif)

Incidence, Pente et Assiette

Incidence = angle entre trajectoire (ou vent relatif) et axe du fuselage

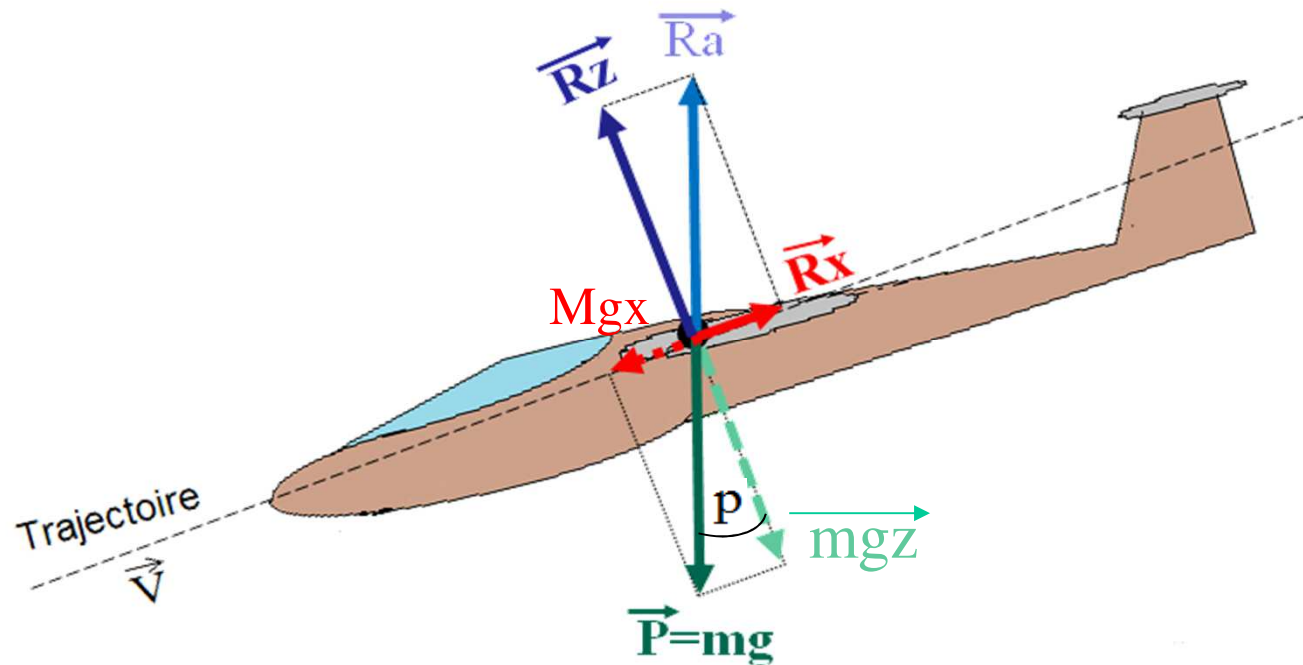
Pente = angle entre trajectoire et horizontale

Assiette = angle entre axe du fuselage et horizontale



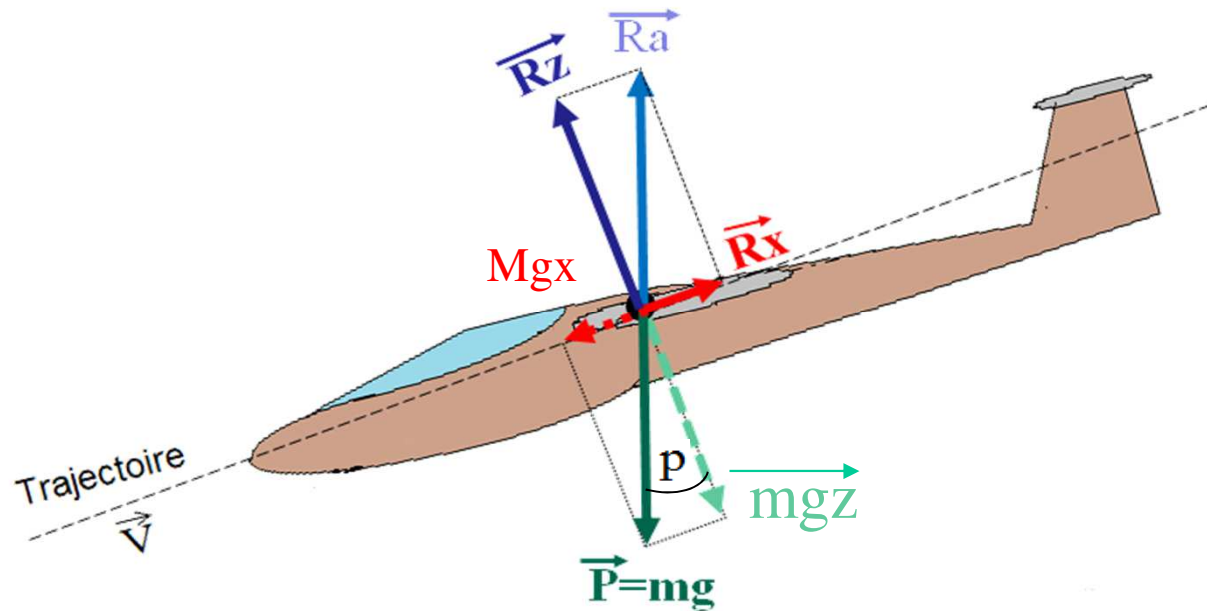
Caractérisation du poids

- Poids réel vs poids apparent



En vol plané stabilisé le poids de l'appareil $P=mg$ de composantes mg_z et Mg_x est équilibré par la résultante aérodynamique R_a de composantes R_z et R_x

Le vol plané



L'équilibre du vol donne les deux équations suivantes :

- en projetant les forces sur la direction de R_z :

$$R_z = m \cdot g \cdot \cos(p) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_z$$

- en projetant sur la direction de R_x :

$$R_x = m \cdot g \cdot \sin(p) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_x$$

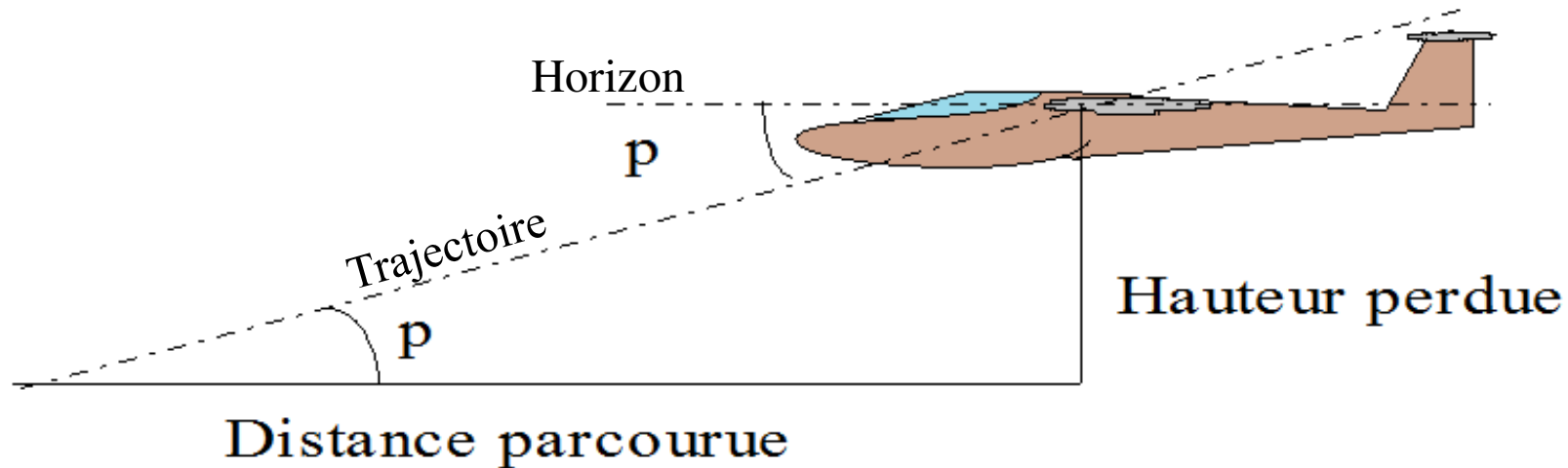
Le vol plané

- On peut alors en déduire la pente de descente :

$$\tan(p) = \frac{R_x}{R_z} = \frac{C_x}{C_z} = \frac{1}{f}$$

- La pente de descente est donc d'autant plus faible que la finesse est importante.

Le vol plané



- Comme le montre le schéma ci-contre, la tangente de la pente correspond aussi au rapport de l'altitude perdue sur la distance parcourue :

$$\tan(p) = \frac{H}{D} = \frac{1}{f}$$

- Connaissant f et H on peut calculer D : $D = f.H$

Aérodynamique et Mécanique du vol

Vol motorisé

Traction, propulsion

Ligne droite en palier

Virage en palier (facteur de
charge, centrifugation)

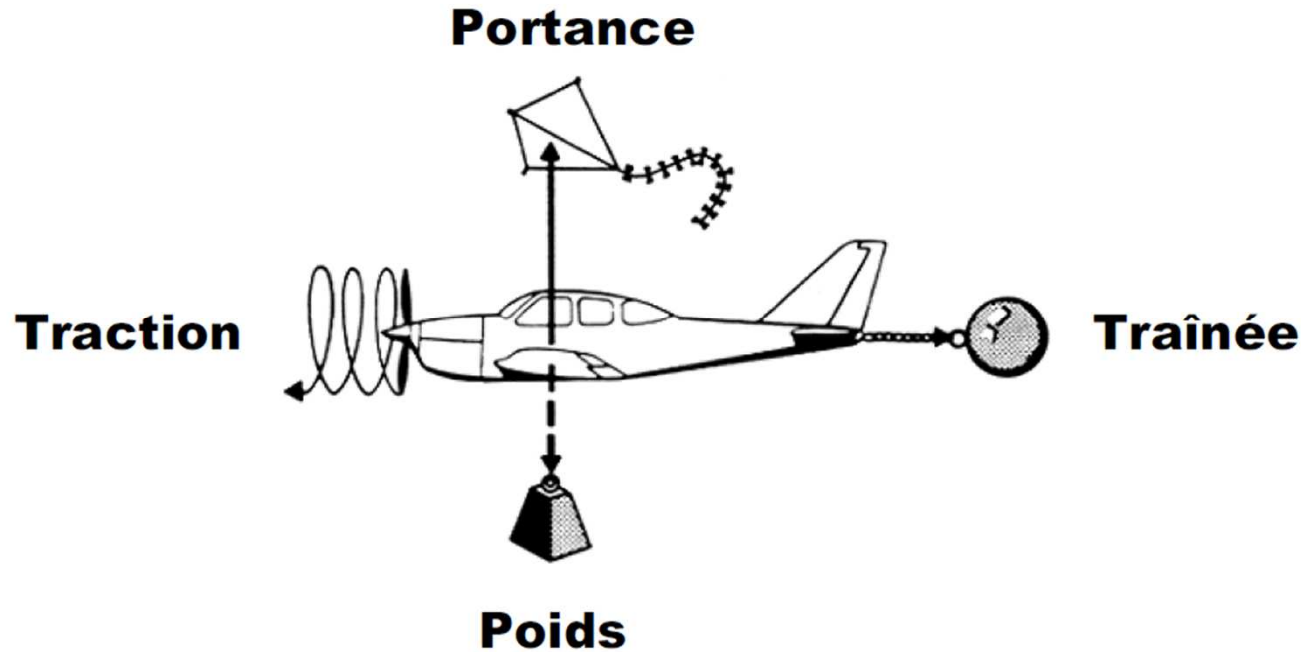
Montée et descente

Aérodynamique et Mécanique du vol

IV Les principales phases du vol

1. Le vol rectiligne uniforme en palier
2. La montée rectiligne uniforme
3. La descente rectiligne uniforme
4. Le virage symétrique en palier à vitesse constante
5. Le vol plané
6. Le décollage
7. L'atterrissage

Bilan des forces



Un aéronef en vol est soumis à 4 force:

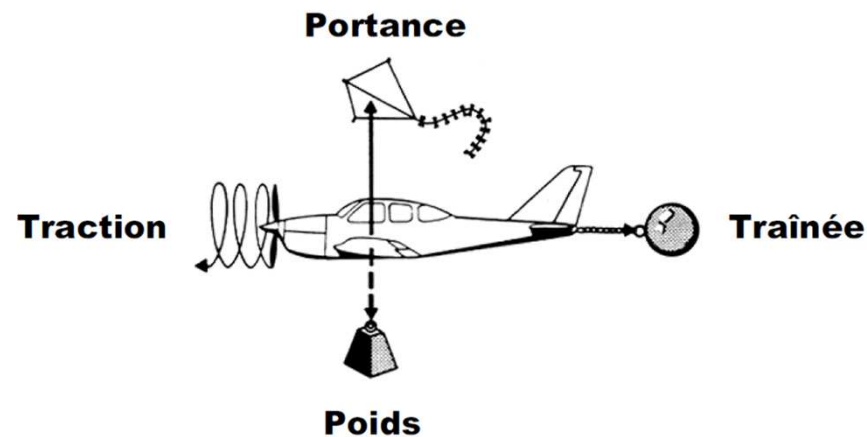
- La Traction (avion à hélice) ou Poussée (avion à réaction)
- La Trainée
- Le poids (appliqué au centre de gravité)
- La Portance (appliqué au centre de poussée)

Le point d'application des variations de portance est appelé: Foyer.

Pour un profil donné sa position est fixe et généralement au $\frac{1}{4}$ de la corde à partir du bord d'attaque

Le principe fondamental de la dynamique

- Pour un corps à vitesse nulle ou constante:
 - La Somme (vectorielle) des forces appliquées = 0
 - Traction = Trainée et Portance = Poids

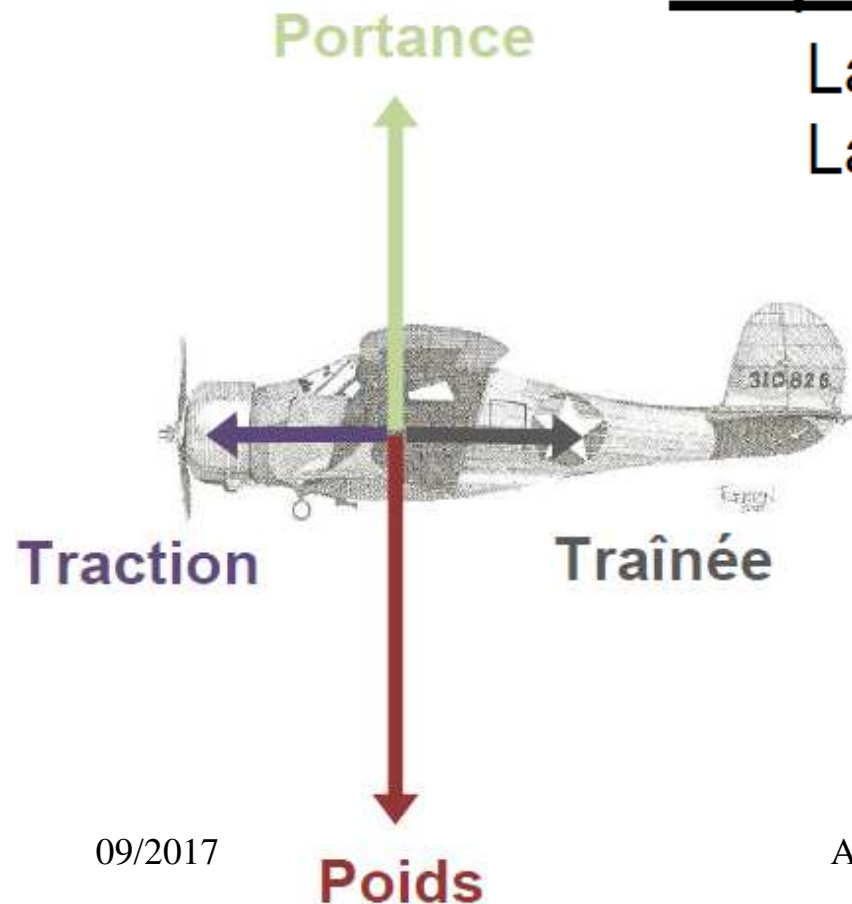


- Applications à différents cas.....

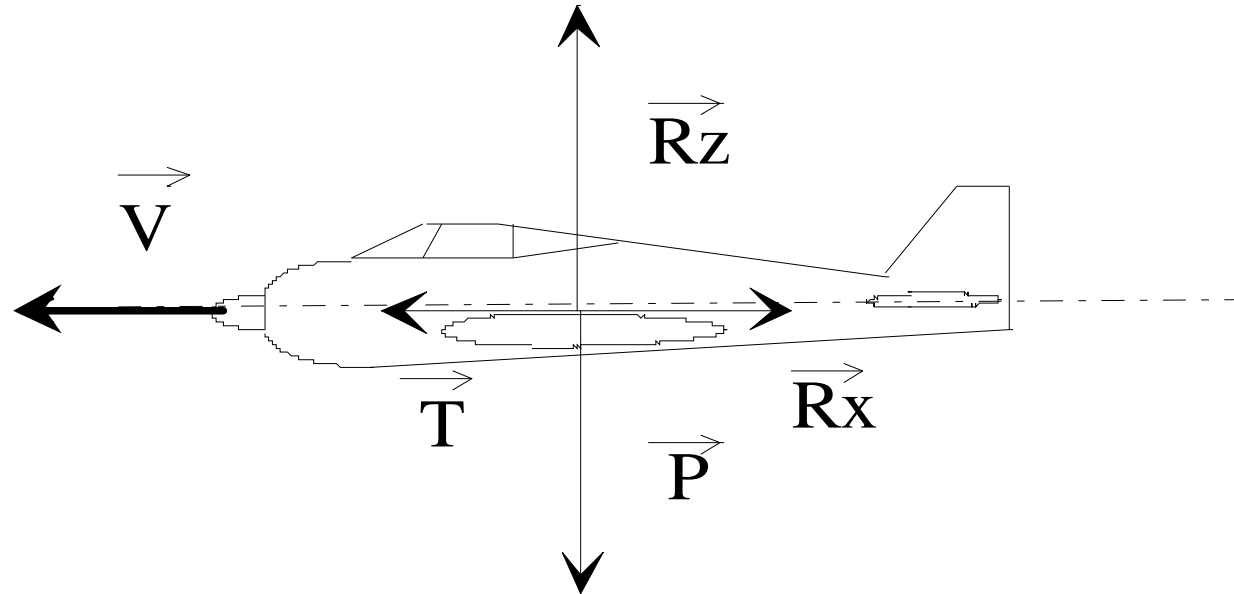
Le vol rectiligne uniforme en palier

En palier :

La portance équilibre le poids.
La traction équilibre la traînée.



Le vol moteur rectiligne uniforme en palier



Pour maintenir l'équilibre de l'avion il faut que :

- la portance équilibre le poids :

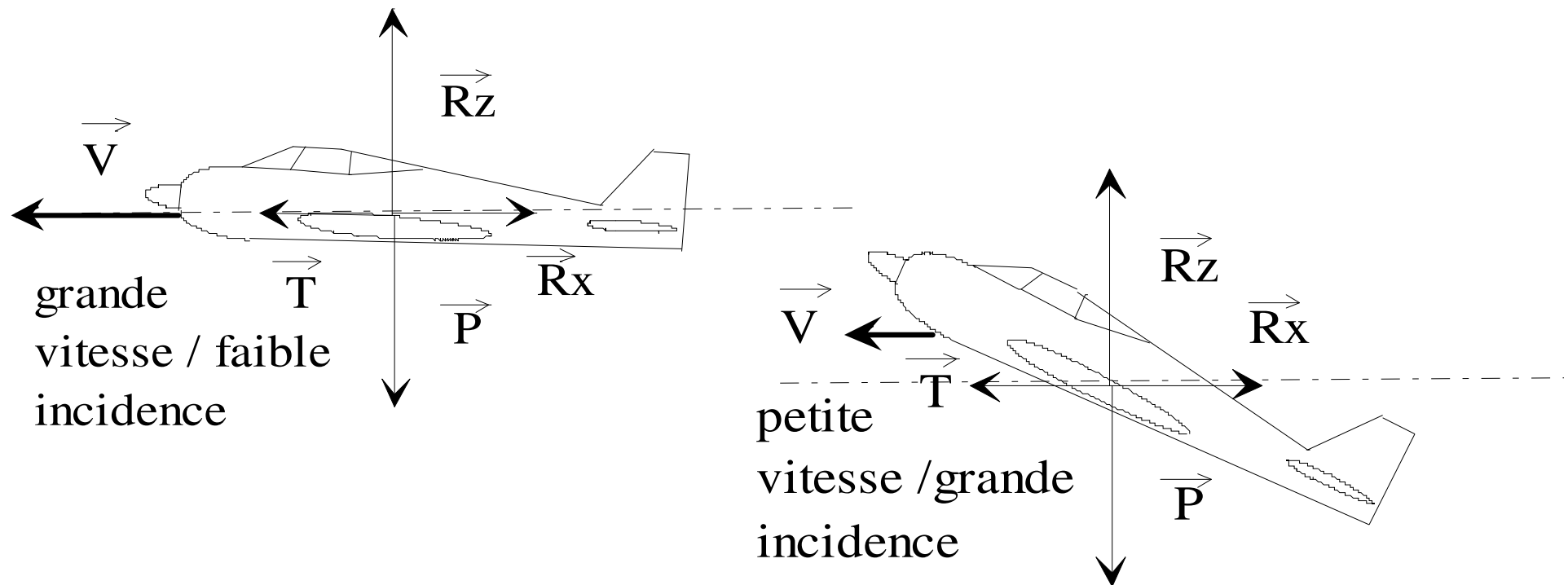
$$R_z = m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_z$$

- la traction équilibre la traînée :

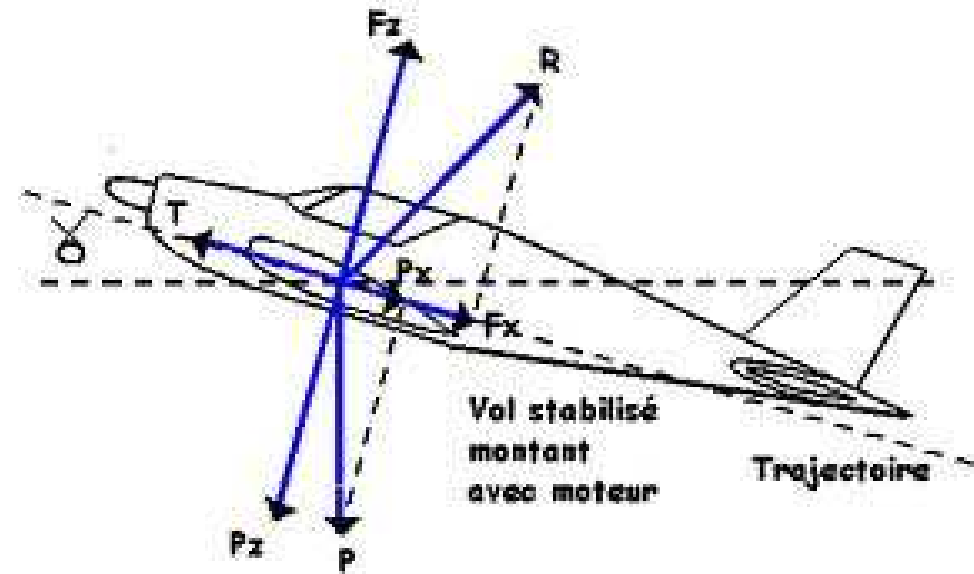
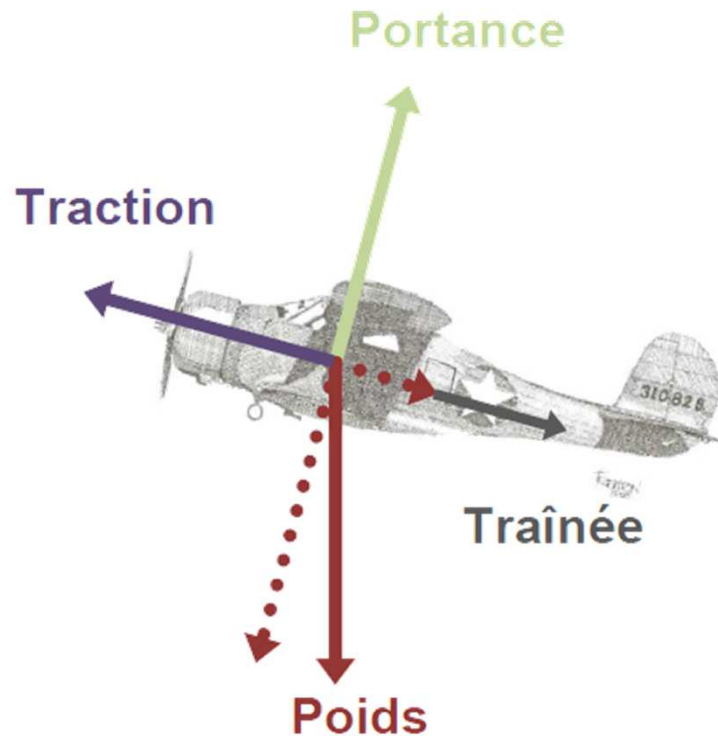
$$T = R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_x$$

Le vol rectiligne uniforme en palier

- Il existe différents couples « incidence – vitesse » pour réaliser un palier rectiligne à vitesse constante :



La montée rectiligne uniforme



En Montée:

La portance équilibre la grande composante du poids

La traction équilibre la traînée + la petite composante du poids

La traction doit donc être plus importante qu'en palier

Du point de vue de la sustentation:

R_z compense la projection de P dans sa direction

Pour la traction / propulsion :

T compense R_x et la projection de P dans sa direction

Mise en équation: (limite programme)

$$T = R_x + m.g.\sin(p) = \frac{1}{2}.\rho.S.v^2.C_x + m.g.\sin(p)$$

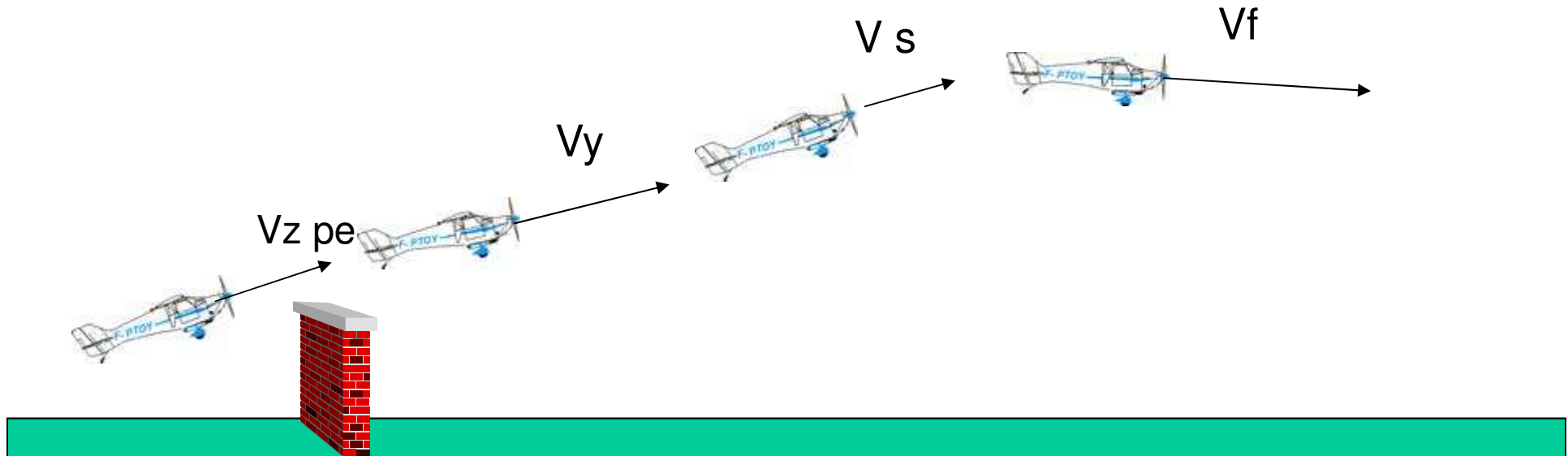
$$R_z = m.g.\cos(p) = \frac{1}{2}.\rho.S.v^2.C_z$$

La montée rectiligne uniforme

Il existe plusieurs montées à vitesse stabilisée utilisées en pratique selon les priorités :

- V_z la **montée à pente max** (pour gagner beaucoup d'altitude sur une faible distance) pour les franchissements d'obstacles.
- V_y la **montée à vitesse de montée max** pour gagner le plus rapidement possible de l'altitude

Vitesses remarquables



V_z meilleur angle de montée ou pente max: le plus fort gain d'altitude pour la plus faible distance / sol : passage d'obstacles.

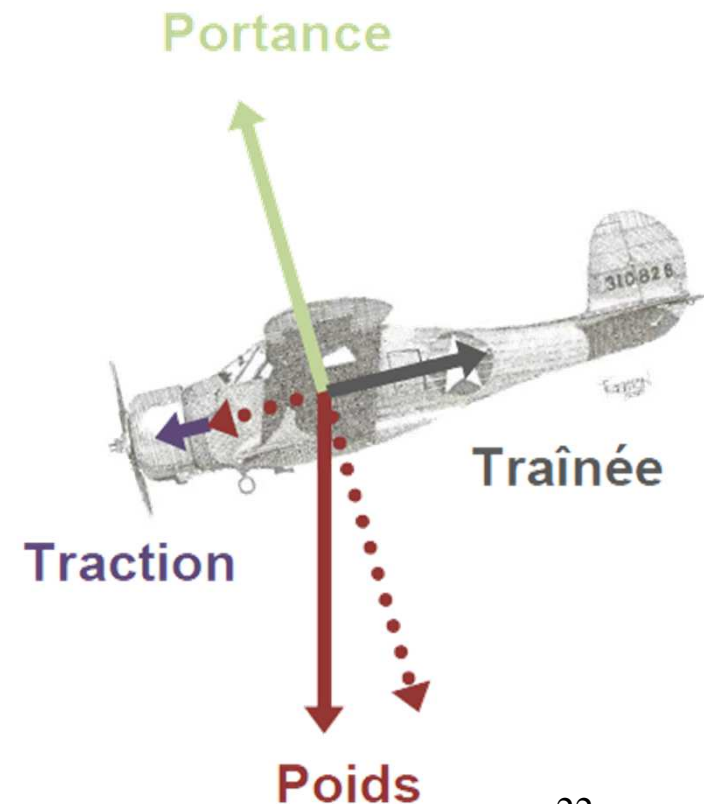
V_y meilleure vitesse de montée: le plus fort gain d'altitude par unité de temps

V_s vitesse de décrochage (dépend de la configuration de l'aéronef: lisse ou avec volets et du facteur de charge)

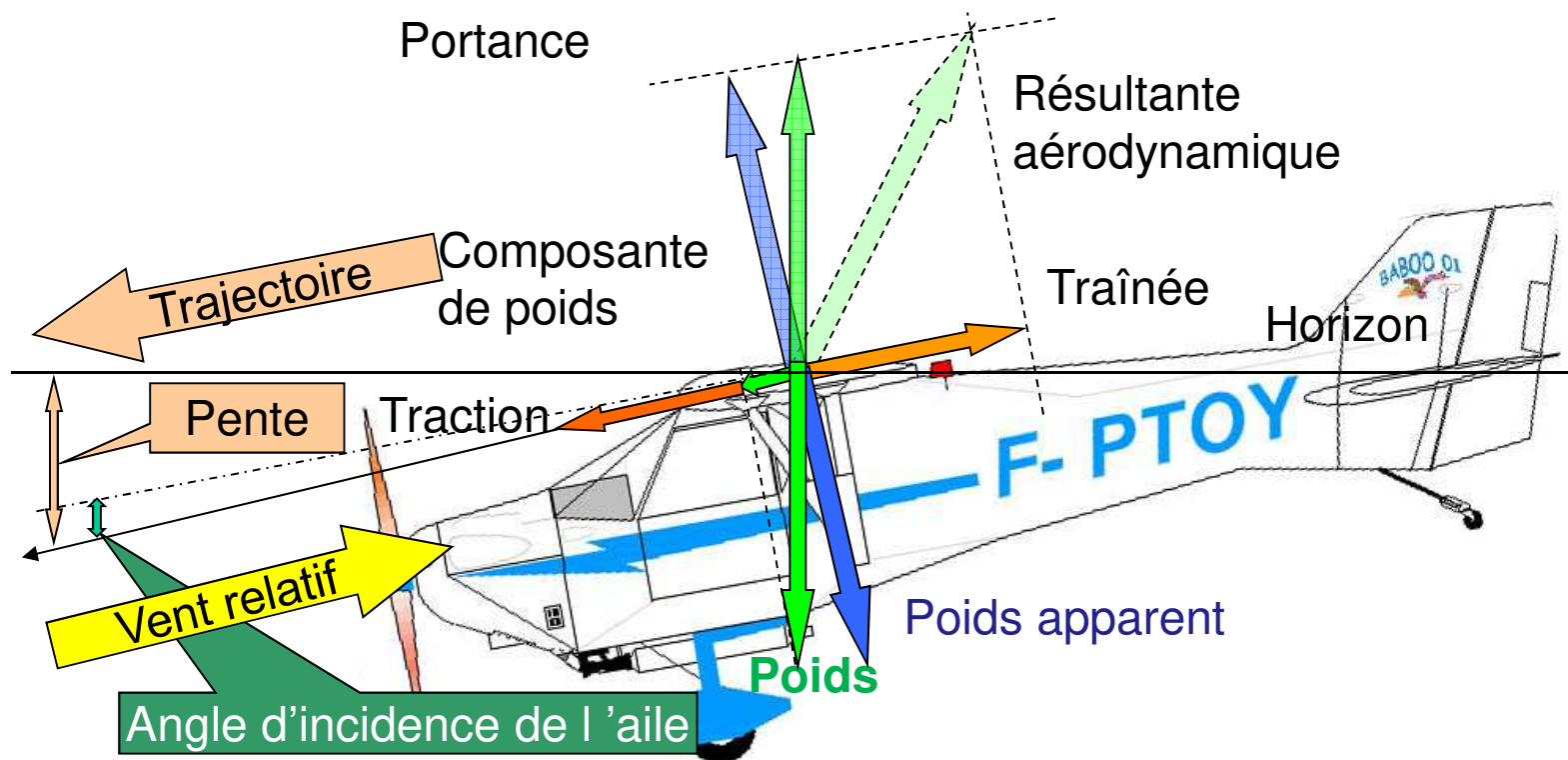
V_f vitesse de meilleure finesse

La descente rectiligne uniforme

- Le principe de son étude est le même que pour la montée mais cette fois **le poids de l'avion devient moteur**.
- La portance équilibre la grande composante du poids
- La traction + la petite composante du poids équilibrent la traînée.
- La traction doit donc être moins importante qu'en palier.
- Dans un vol plané la petite composante du poids remplace la traction.



Vol en descente rectiligne



Le poids se décompose en 2 forces: une composante de poids directement opposée à la trajectoire et un poids apparent perpendiculaire à la trajectoire.

La portance équilibre le poids apparent. Le poids apparent est inférieur au poids réel, le facteur de charge est donc inférieur à 1

La traction équilibre la traînée diminuée de la composante de poids.

Le virage symétrique en palier à vitesse constante

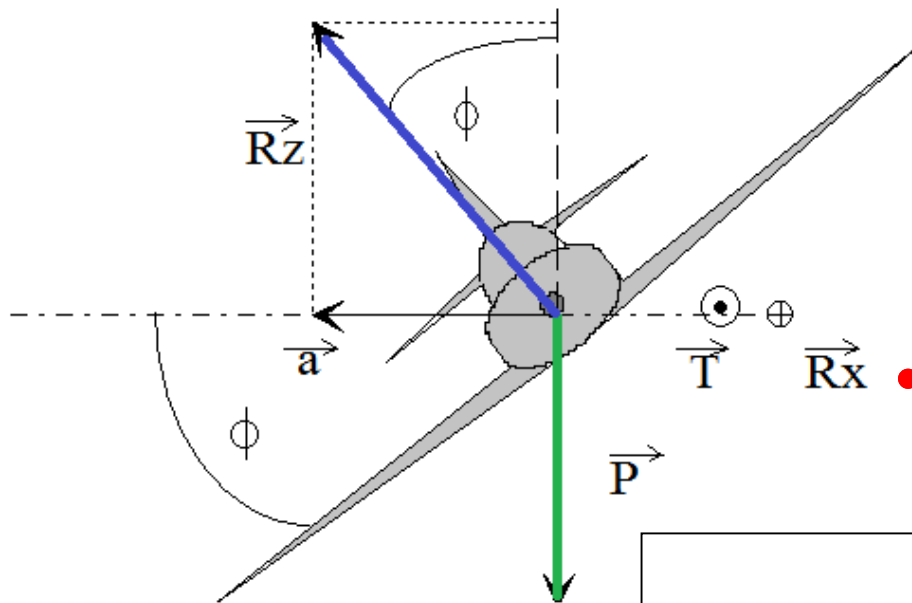
Dans cette configuration l'équilibre des forces amène à écrire :

- la traction compense la traînée :

$$T = R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_x$$

- la composante verticale de la portance compense le poids :

$$R_z \cdot \cos \phi = m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_z \cdot \cos \phi$$



Le virage symétrique en palier à vitesse constante

- On définit le **facteur de charge** par le **rapport de la portance sur le poids**, ce qui dans le cas d'un virage en palier à vitesse constante donne :

$$n = \frac{R_z}{P} = \frac{1}{\cos \phi}$$

- On peut alors déterminer que le facteur de charge d'un virage à 30° d'inclinaison est d'environ 1,15g (1,4 pour 45° et 2 pour 60°).

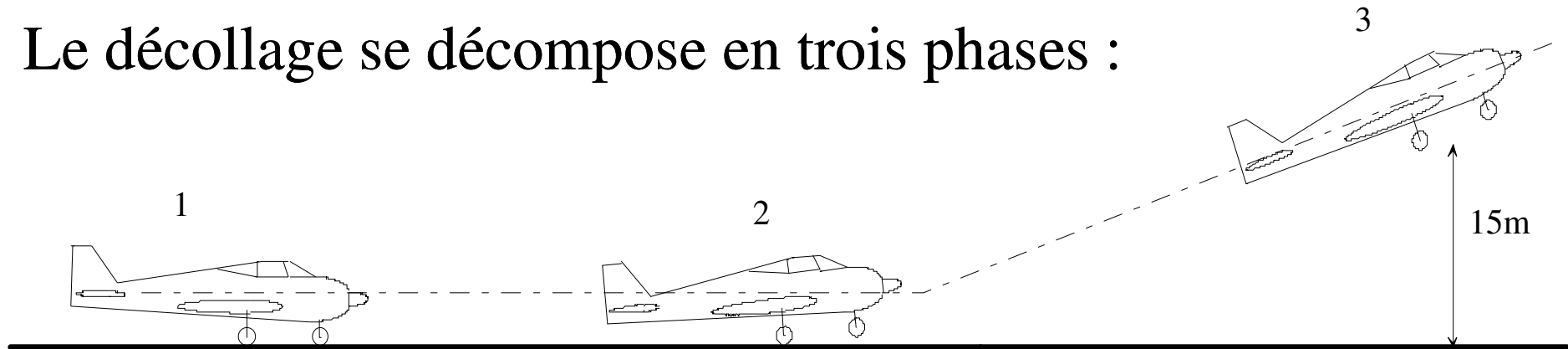
Le virage symétrique en palier à vitesse constante

En virage la vitesse de décrochage est multipliée
par $\sqrt{n}$

- Si le nez de l'avion est à l'intérieur de la trajectoire, le virage est qualifié de *dérapé*.
- Si le nez de l'avion est à l'extérieur de la trajectoire, le virage est qualifié de *glissé*.

Le décollage

Le décollage se décompose en trois phases :



- l'envol (3) : dans cette phase l'avion a quitté le sol mais en est encore très proche. Il faut continuer à accélérer pour assurer la prise d'altitude. Le décollage se termine au passage à la hauteur de 15 m par rapport au sol.



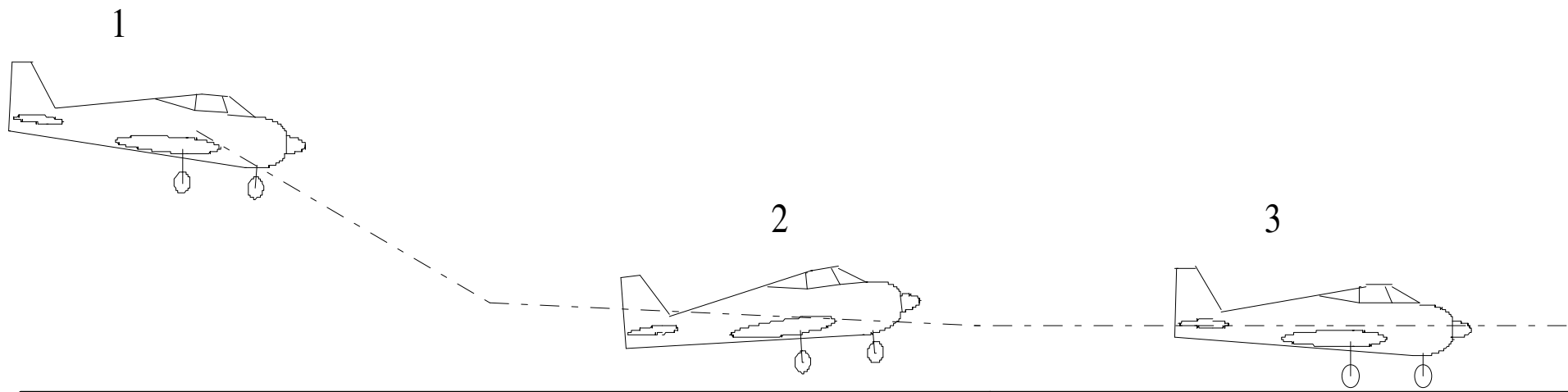
09/2017

AIPBIA

28

L'atterrissage

L'atterrissage se décompose également en trois phases :



- la décélération (3) : une fois les roues au sol l'atterrissage n'est pas terminé. Il faut perdre sa vitesse sur la piste avant de pouvoir dégager vers le parking.

- *2 atterrissages hors normes...pourquoi?*

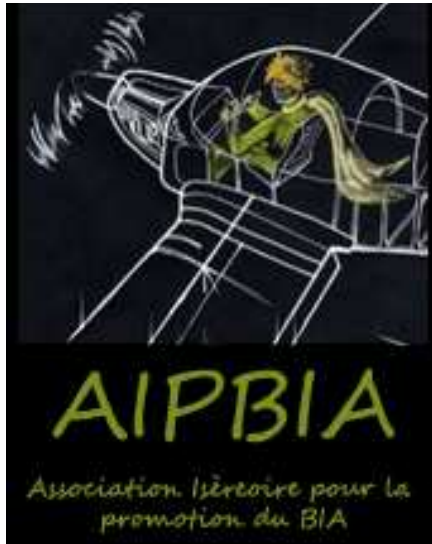


09/2017

AIPBIA

31





Aérodynamique, Aérostatique Principes du vol

2.2 Etude du vol stabilisé

