

L'équilibre d'un kite

2024 - Romain LAMBERT

Résumé

Ce bureau d'étude a pour sujet l'équilibre du Kite, sa condition d'existence et sa stabilité. L'objectif final étant de déterminer des paramètres optimaux tels que le towpoint.

I. L'ÉQUILIBRE DU KITE

A. Le Tow Point

le point d'application d'un effort est une notion importante. Si celui de l'effort aérodynamique et du poids sont couramment utilisés, le point d'application de la tension des lignes influence beaucoup les performances d'un kite. De plus, le bridage d'un kite change considérablement la façon dont se répartie la tension dans les lignes et l'angle d'équilibre au zénith d'un kite. Ainsi, afin de capturer l'influence du bridage sur les performances d'un kite, on définit le towpoint comme étant **le point d'intersection entre la corde moyenne d'un kite et l'axe de la tension des lignes**. Ainsi, le towpoint permet de lier la géométrie du bridage et son influence sur la dynamique du kite.

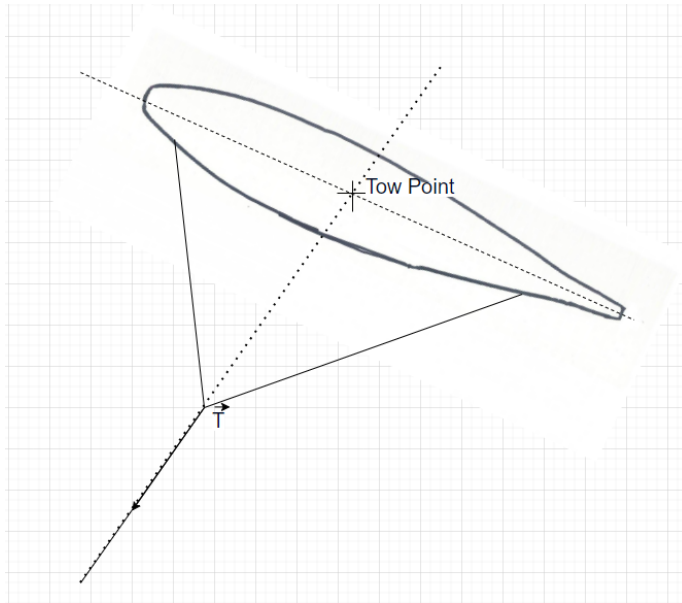


FIGURE 1. Tow Point

Isoler les ensembles {kite} et {kite+bridage} permet de montrer que le towpoint correspond au point d'application de {lignes}. En effet :

Pour l'équilibre des moments appliqué à l'ensemble {kite}, en le tow point :

$$F_{Poid}(x_G - x_{TP}) + F_{aero}(x_{aero} - x_{TP}) = 0 \quad (1)$$

Pour l'équilibre des moments appliqué à l'ensemble {kite+bridage}, en le tow point :

$$F_{Poid}(x_G - x_{TP}) + F_{aero}(x_{aero} - x_{TP}) + \sum_{i=A}^D F_{lignei}(x_{lignei} - x_{TP}) = 0 \quad (2)$$

D'où :

$$\sum_{i=A}^D F_{lignei}(x_{lignei} - x_{TP}) = 0 \quad (3)$$

Ce qui, par définition, montre que **le tow point est le point d'application de la résultante de tension de l'ensemble du bridage projeté sur la corde**.

B. l'Equilibre

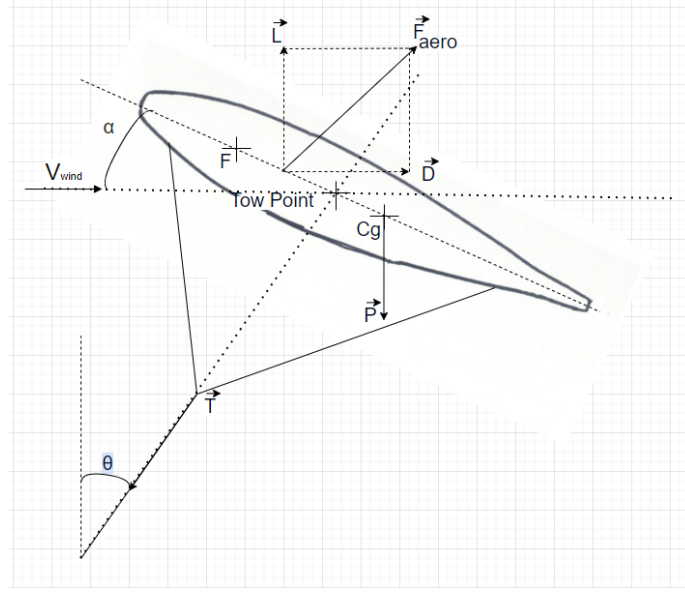


FIGURE 2. Equilibre du kite

On écrit l'équilibre statique de {kite+bridage}, en le tow point du kite :

$$\begin{cases} L = P + T \cos(\theta) \\ D = T \sin(\theta) \\ 0 = C_{M_0} + (x_{TP} - x_F)(L \cos(\alpha) + D \sin(\alpha)) - P \cos(\alpha)(x_{TP} - x_G) \end{cases} \quad (4)$$

Ainsi, en considérant $\alpha \ll 1$, on a :

$$\begin{cases} \frac{L-P}{D} = \frac{1}{\tan(\theta)} \\ \theta = \alpha + \alpha_0 \\ x_{TP} = \frac{Lx_F - Px_G - C_{M_0}}{L-P} \end{cases} \quad (5)$$

Il semblerait donc que le calcul (CFD, VSM, ...) des polaires aérodynamiques ($L(\alpha)$ et $D(\alpha)$) permettent de trouver le tow point optimal afin d'optimiser la finesse au zénith.

Exemple : Pour $\alpha_{optimal} = 21^\circ$, $C_D = 0.9 = 19$ et $C_L = 1.35$, on trouve en appliquant l'équation 6 :

$$\begin{cases} \alpha_0 = \\ \theta = \\ x_{TP} = \end{cases} \quad (6)$$

avec $P = 21kg$, $x_F = 0.25$, $x_G = 0.5$, $\frac{1}{2}\rho S v^2 = \frac{1}{2}1.225 * 1 * (14knots)^2$ et $C_{M_0} = 0$

II. CONDITION D'EXISTENCE DE L'ÉQUILIBRE DU KITE

A. Angle d'élévation minimal

B. Angle d'élévation maximal

III. STABILITÉ DU KITE