

## EFFORT DE ROTATION SUR DR 400 - 120

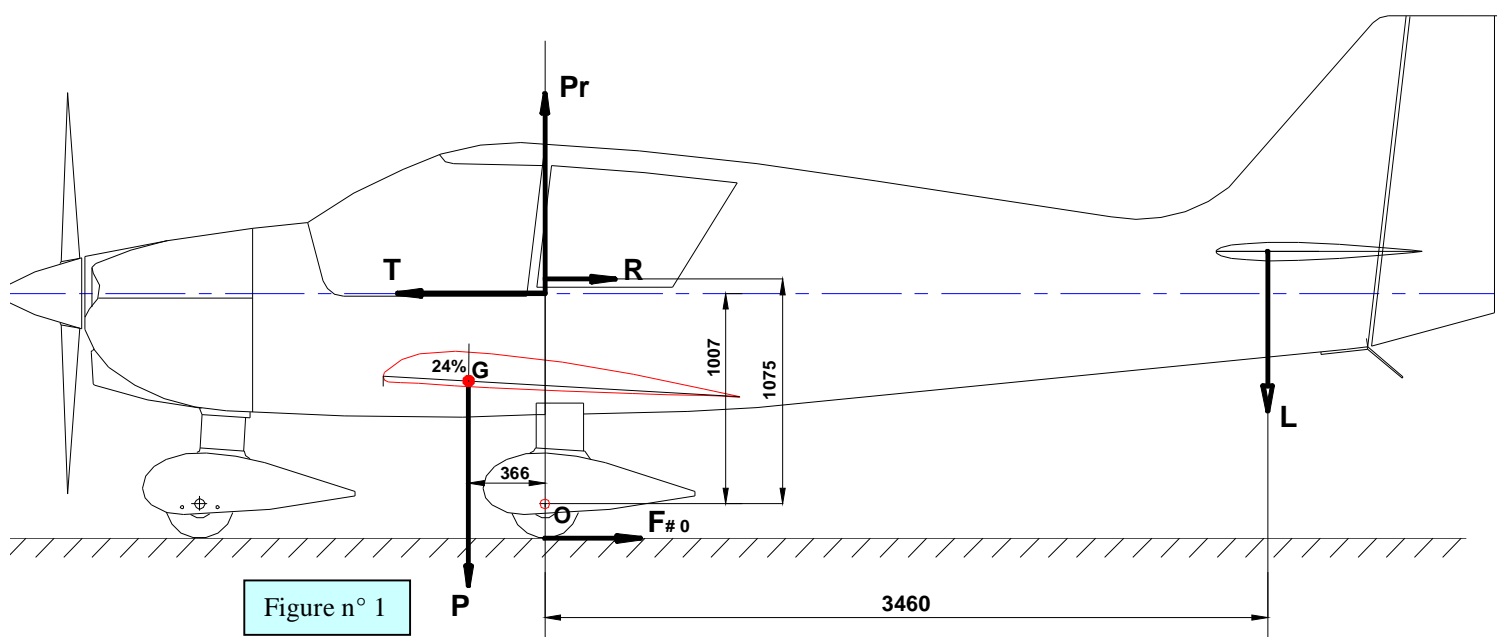
1) **Introduction** : On peut se poser une question importante à chaque décollage, et ceci sur n'importe quel avion : "Est-ce que la rotation va bien avoir lieu avant le bout de piste". En général si tous les paramètres sont correctement évalués ( Poids, centrage, santé du moteur, température extérieure etc...) ça se passe heureusement bien.

Je voudrais malgré tout revenir sur cette phase de rotation pour mettre en exergue les efforts appliqués à cet instant sur l'empennage et souligner leur importance.

Cet exercice a déjà été appliqué à l'Orion G 801, et je voudrais maintenant prendre le Robin DR 400-120 comme exemple.

Nous allons donc considérer les efforts mis en jeu pour obtenir la rotation de l'avion et ainsi déterminer la vitesse de rotation ( pour une charge donnée ).

2) **Calculs** : Considérons le plan ci-dessous ( figure n° 1 )

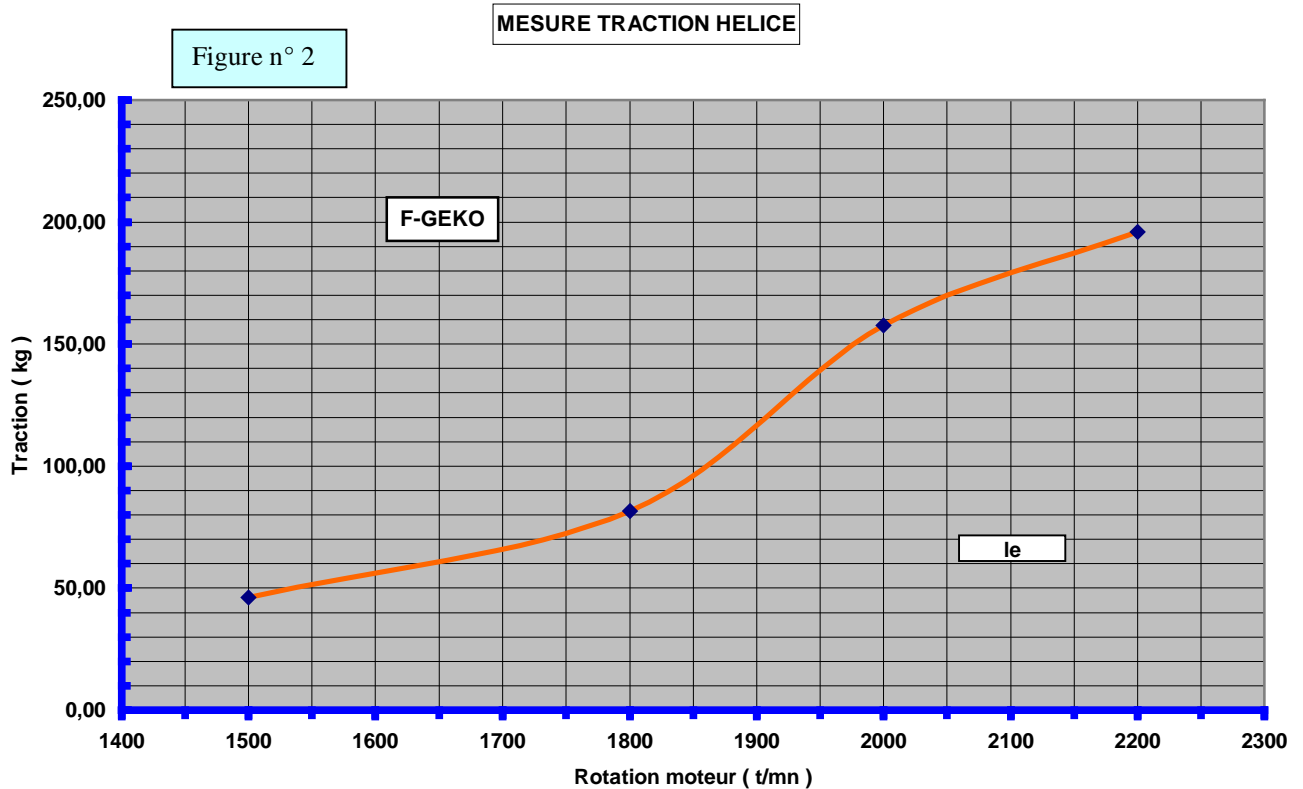


Au moment de la rotation, les forces en présence sont

- Le poids total de l'avion **P** = 807 kg comprenant un pilote, un copilote et 110 l. d'essence, appliqué au centre de gravité **G** de l'avion situé à 409 mm du bord d'attaque de l'aile (référence de centrage) ( 24% ), qui est lui-même à 775 mm de la verticale de l'axe **O** des roues. La distance du vecteur poids à l'axe des roues sera donc de 366 mm.

- La réaction verticale **Pr** qui équilibre le poids et qui s'applique au point de contact des pneus du train principal au moment de la rotation. Cette réaction n'entre pas en jeu dans le moment de rotation autour du point **O**.

- La traction **T** de l'hélice que l'on a mesuré en statique ( plein gaz ) à l'aide d'un dynamomètre. Elle est estimée à **200 kg** lors de la rotation ( moteur à 2250 t/mn – voir figure n°2 ci-dessous)



Cette force est appliquée à une distance de 1007 mm du point O.

- La déportance **L** du stabilisateur horizontal .
- La résistance de l'air **R** ( trainée ), que l'on peut calculer sachant que :

$$R = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_{x0}$$

Avec  $V = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$  et  $S = 3,44 \text{ m}^2$  ( surface frontale du DR 400 )  
On prendra  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$  et  $C_{x0} = 0,1$

Remarque : On trouve dans la littérature ( Hunsinger )  $SC_{x0} = 0,35$  pour le DR 400, avec une SMT ( Surface Mouillée Totale ) de  $52 \text{ m}^2$  et donc un  $C_{fe}$  (Coefficient de frottement équivalent à la plaque plane ) de 6,7 ‰.  $SC_{x0} = SMT \times C_{fe}$ .

Dans ces conditions on trouve :  $R = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 27,8^2 \cdot 0,35 = 165,7 \text{ N} = 16,6 \text{ kg}$

$$R = 16,6 \text{ kg}$$

- La résistance des pneus au roulement ( frottements ) appelée **F** avec :

$$F = r ( P - \frac{1}{2} \rho V^2 SC_z ) \text{ et } r \text{ compris entre } 0,02 \text{ et } 0,05 \text{ sur une piste en béton.}$$

Remarque : En fait **F** est quasiment nulle car , juste avant la rotation, la portance est très proche du poids.

Nous aurons alors l'équilibre suivant : ( Somme des moments autour du point O )

$$3,46 \cdot L = 1,007 \cdot T + 0,366 \cdot P - 1,075 \cdot R \quad \text{ou} \quad L = \frac{1,007 \cdot 200 + 0,366 \cdot 807 - 1,075 \cdot 16,6}{3,46}$$

$$L = 138,4 \text{ kg}$$

L'effort à appliquer sur le stabilisateur pour effectuer la rotation est de **138 kg**.

**3) Calcul de la vitesse nécessaire pour obtenir la rotation** : Dans ce chapitre, on recalcule la vitesse nécessaire pour effectuer la rotation dans les conditions de poids prévues en hypothèse ( 2 personnes à bord et 110 l. d'essence )

La surface de l'empennage horizontal monobloc est :  $S_e = 2,88\text{m}^2$  et l'allongement  $l_e = 3,56$

La formule de Toussaint donnant le  $C_{ze}$  de l'empennage en fonction de son incidence  $i_e$  et de son allongement  $l_e$  est de la forme ( empennage monobloc ) :

$$C_{ze} = \frac{0,095 l_e}{l_e + 1,73} i_e \quad \text{d'où } C_{ze} = \frac{0,34}{5,29} \cdot i_e$$

Le concepteur a prévu un débattement vers le bas (déportance) de  $-9,5^\circ$  max en butée à cabrer (manche en arrière).

Si l'on tient compte d'une déflexion de l'aile de  $e = 2^\circ$  sur l'empennage, l'angle d'incidence de l'empennage sera de  $-11,5^\circ$

Pour  $i_e = -11,5^\circ$ , on trouve  $C_{ze} = 0,74$

La vitesse sera donnée par la formule :

$$L = \frac{1}{2} r V^2 S C_z \quad \text{d'où } V = \sqrt{\frac{2L}{r S C_z}}$$

avec  $L = 138,4 \text{ kg} = 1384 \text{ N}$  ;  $C_{ze} = 0,74$  ;  $S = 2,88\text{m}^2$  ;  $r = 1,225 \text{ kg/m}^3$

$$V = \sqrt{\frac{2768}{1,225 \cdot 2,88 \cdot 0,74}} \quad V = 32,6 \text{ m/s} = 117 \text{ km/h}$$

La vitesse de rotation est de **117 km/h**.

Remarque : 1) Dans le cas d'un empennage avec stabilisateur fixe et gouverne de profondeur mobile, la

formule de Toussaint devient :

$$C_{ze} = \frac{0,095 l_e}{l_e + 1,73} (i_e + m b) \quad \text{avec } m = (1,04 \sqrt{S} - 0,005 b)$$

et  $S$  = Rapport de la surface de la gouverne de profondeur à la surface totale de l'empennage

$b$  = Angle de braquage de la gouverne de profondeur en  $d^\circ$  (négatif vers le haut et positif vers le bas, même sens que  $i_e$ ).

2) La vitesse calculée est une vitesse air (anémomètre) . La vitesse sol est inférieure en tenant compte de la composante vent de face.

[michel.suire2@wanadoo.fr](mailto:michel.suire2@wanadoo.fr)

