

# Moth foiler

**Problématique :** Comment prévoir le décollage du moth foiler et assurer la stabilité du bateau en mouvement ?

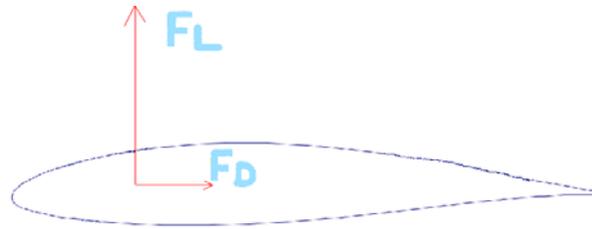


Nicolas Bessec

- Plan :**
- I) Modèle expérimental : calcul des forces de portance et de trainée**
  - II) Comparaison des différents profils de foil**
  - III) Comment gérer la stabilité du moth foiler ?**

## I) Modèle expérimental : calcul des forces de portance et de trainée

### Construction foil :



Profil sabrosa : N63412

### Essaie en soufflerie au CEMAGREF :

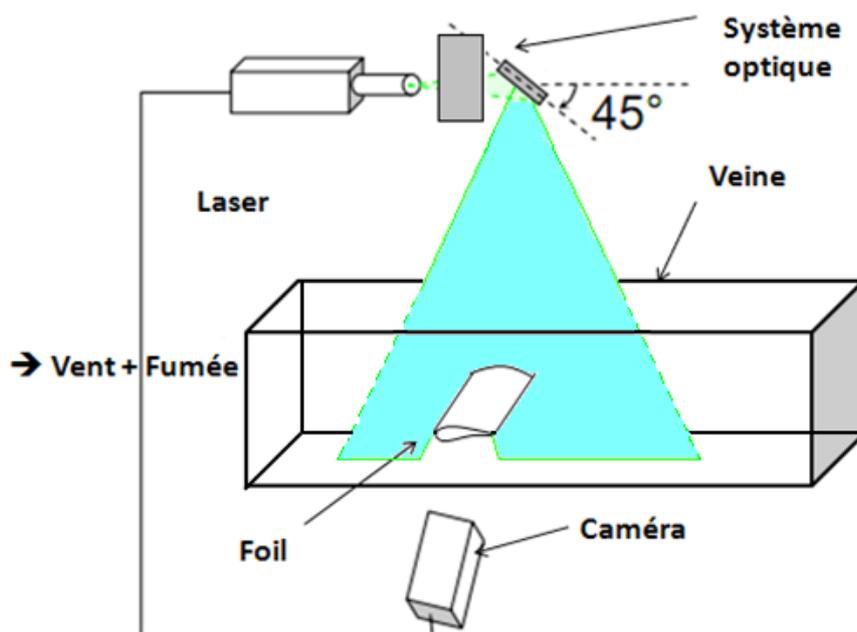
Expression force de portance et trainée :

$$F_D = \rho \cdot V_{x1}^2 - \rho \int_0^H V_{x2}^2(y) dy + \rho \int_0^H \Delta P(y) dy$$

$$F_L = -L \cdot \rho \int_0^H V_{x2}(y) \cdot V_{y2}(y) dy$$

Schéma expérience :

+ Portance : méthode PIV

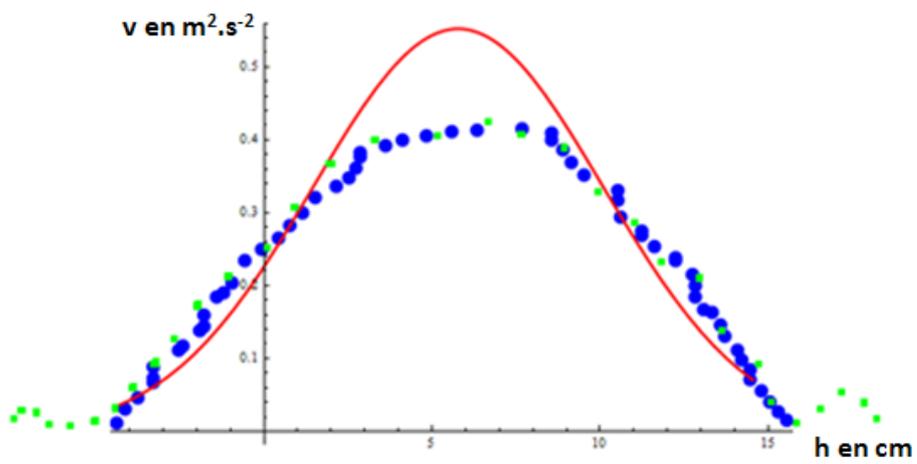


+ Trainée :



### Analyse Mathematica :

+ Portance :



Résultats expérimentaux



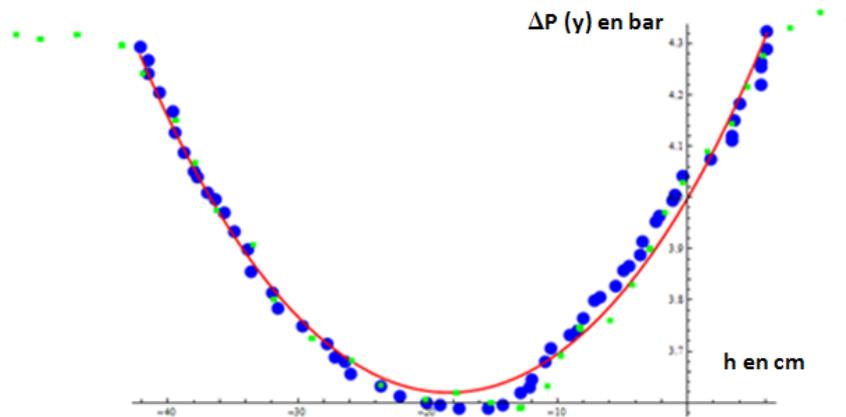
Approximation



Loi normale

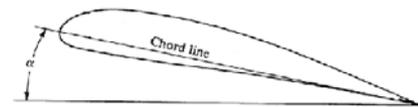


+ Trainée



On obtient ainsi les efforts de portance et de trainée dans l'eau grâce au nombre de Reynolds

### Confrontation des valeurs (SABROSA/expérience)



Il faut dans l'idéal une portance de :  $30(\text{moth}) + 75(\text{skipper}) = 105 \text{ kg}$

Lift en kg	Rudder foil +Main foil			
	Vitesse(m/s)			
Alpha (°)	2	5	7	10
0	10.8	43.0	84.40	172.2
2	20.2	80.9	158.5	323.5
5	34.3	137.4	269.3	549.6
7	43.7	174.9	342.8	699.5
10	57.7	230.7	452.2	922.8

Lift en kg	Rudder foil +Main foil			
	Vitesse(m /s)			
Alpha (°)	2	5	7	10
0	vitesses	-----	79.230	131.904
2		74.31	142.36	95.45
5	trop	108.72	237.09	474.32
7		152.28	301.48	563.07
10	faible	216.72	392.62	807.23

Ecart en pourcentage d'environ 15%

## Causes des écarts

- hypothèse : Profil identique sur toute la largeur . Or le profil SABROSA est évolutif
- Difficulté à atteindre le second pallier : veine trop petite -> approximation Mathematica
- Pour des vitesses de vents faibles , le  $\Delta P(y)$  est très faible .

## II) Comparaison des différents profils de foil

$$+ F_D = \frac{\rho}{2} V^2 C_D S$$
$$+ F_L = \frac{\rho}{2} V^2 C_L S$$

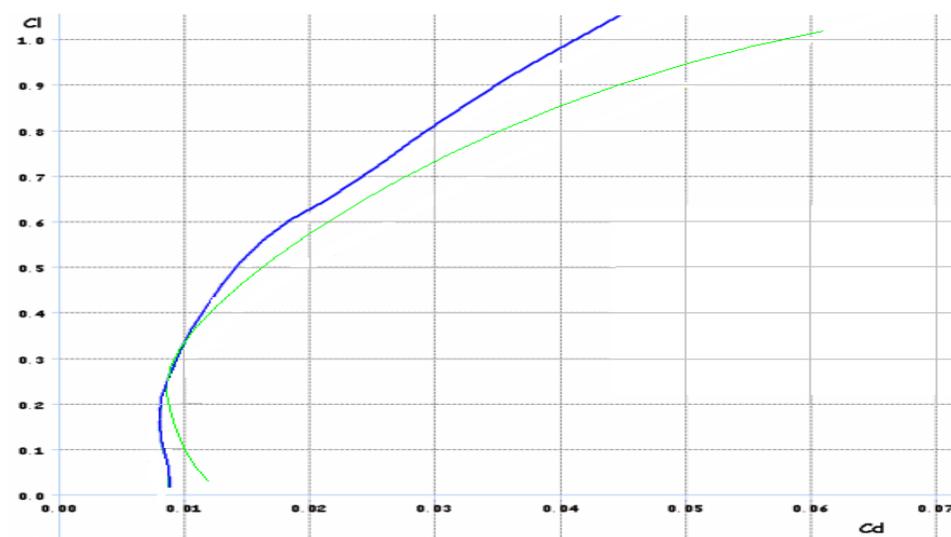
### Equation de Navier-Stokes

### Calcul de $C_L$ et de $C_D$

Alpha (°)	$C_L$	$C_D$
-0,5	0,14107	0,09325
1	0,26028	0,15453
3,5	0,45841	0,43564
6,5	0,69494	0,96955
9,5	0,92969	1,60770

$C_L$  et  $C_D$  varient uniquement en fonction de alpha .

### Comparaison des polaires : foil en bois / foil sabrosa



## Comparaison des différents profils



Rectangle profil évolutif



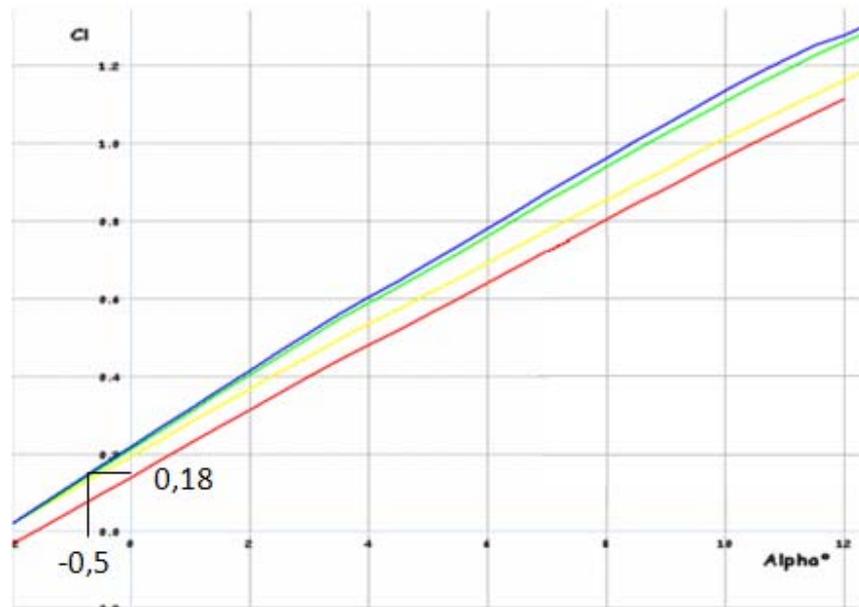
trapèze



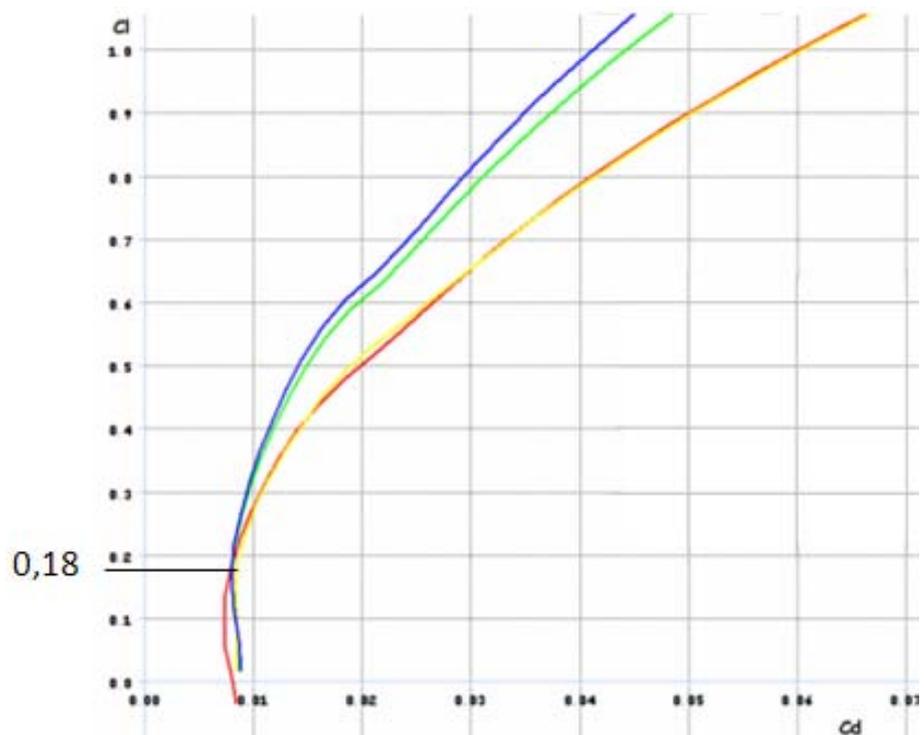
Profil SABROSA

Rectangle de base

## Cl=f(alpha)

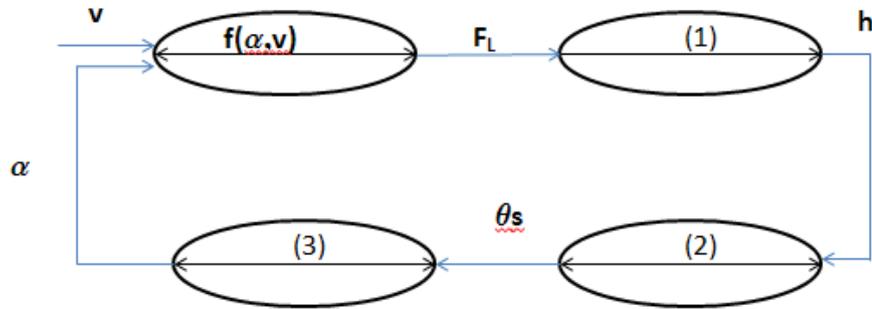


## Cl=f(Cd)

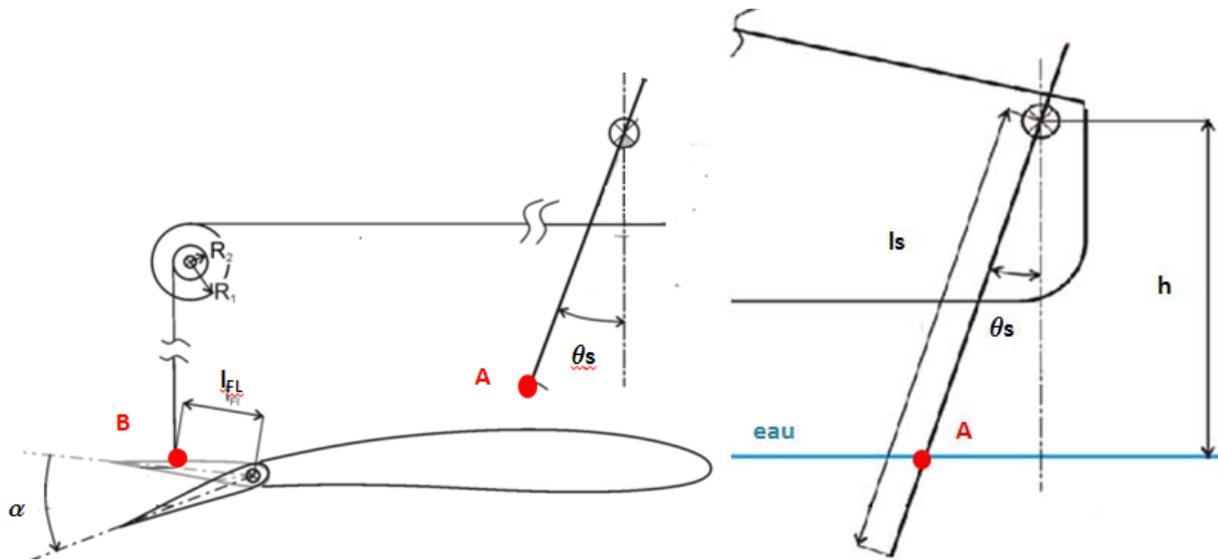


### III ) Comment gérer la stabilité du moth foiler ?

#### Représentation causale



#### Etude dynamique du flap



$$+ V_A = l_s \cdot \dot{\theta}_s \quad \text{et} \quad V_B = \dot{\alpha} \cdot l_{FL} \quad \rightarrow \quad \dot{\theta}_{PIVOT} = \frac{V_A}{R_1} = \frac{V_B}{R_2} \rightarrow (3)$$

$$\theta_s = \alpha \cdot \frac{l_{FL}}{l_s} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$+ (2) \quad \boxed{h = l_s \cdot \cos(\theta_s)}$$

+ (1) 2<sup>ème</sup> loi de Newton appliqué au centre de gravité du bateau :

$$\vec{z} : M \cdot \frac{d^2 h}{dt^2} = F_L - M \cdot g \Leftrightarrow \boxed{\frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{F_L}{M} - g}$$