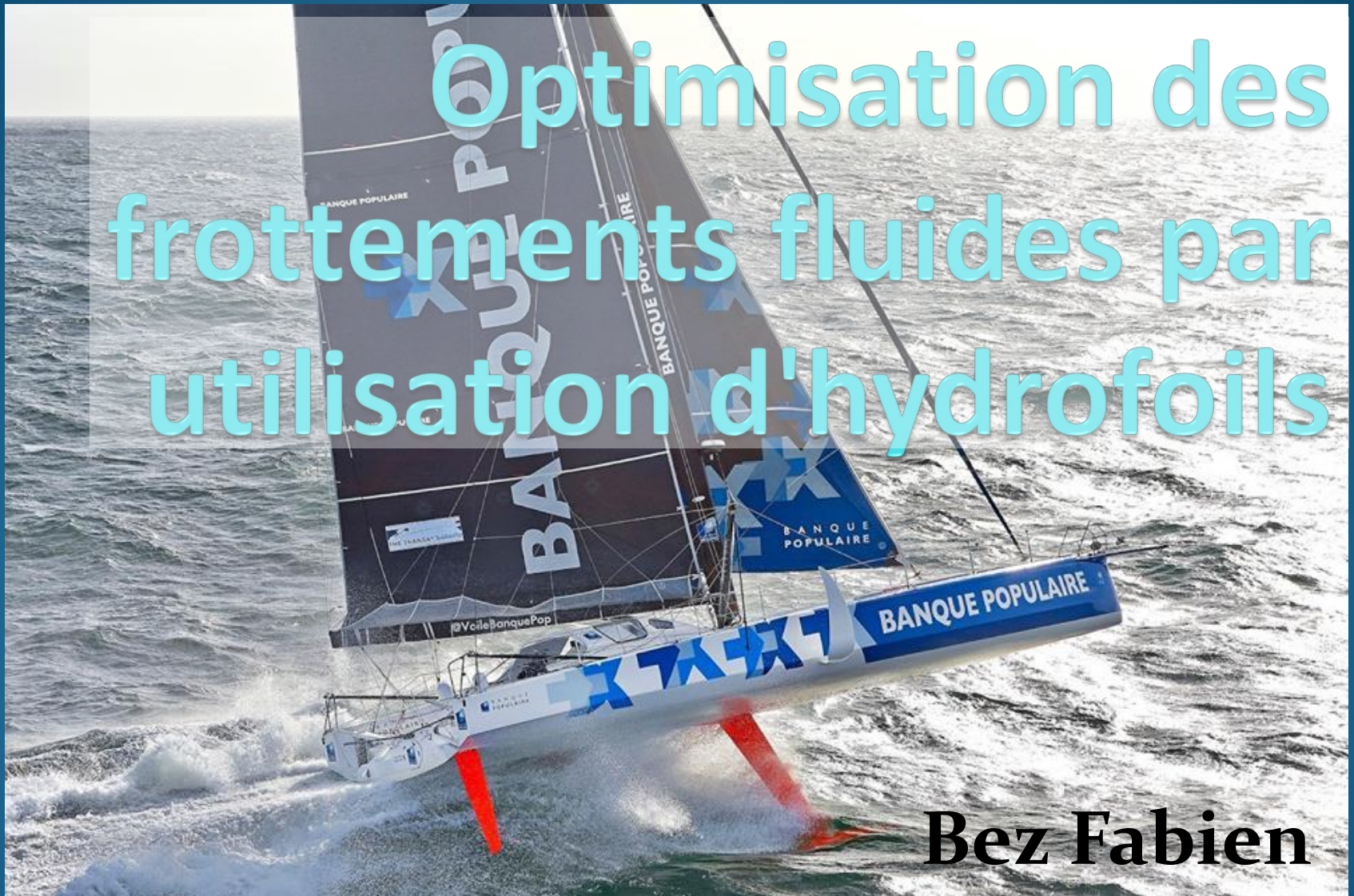


# Optimisation des frottements fluides par utilisation d'hydrofoils



**Bez Fabien**

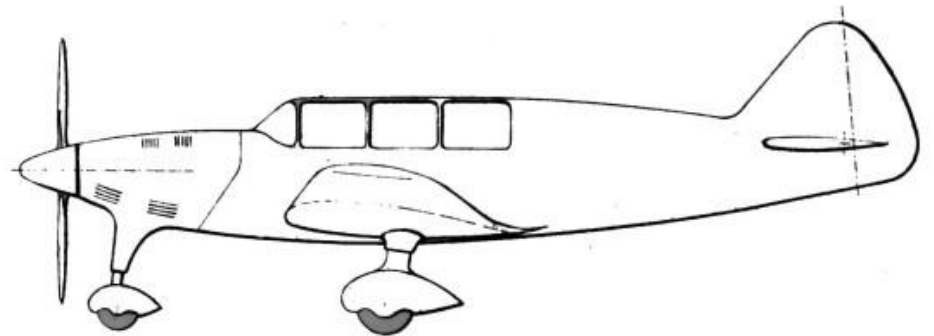
# Sommaire :

- I Introduction
- II Etude théorique de l'hydrofoil
- III Etude pratique
- IV Conclusion



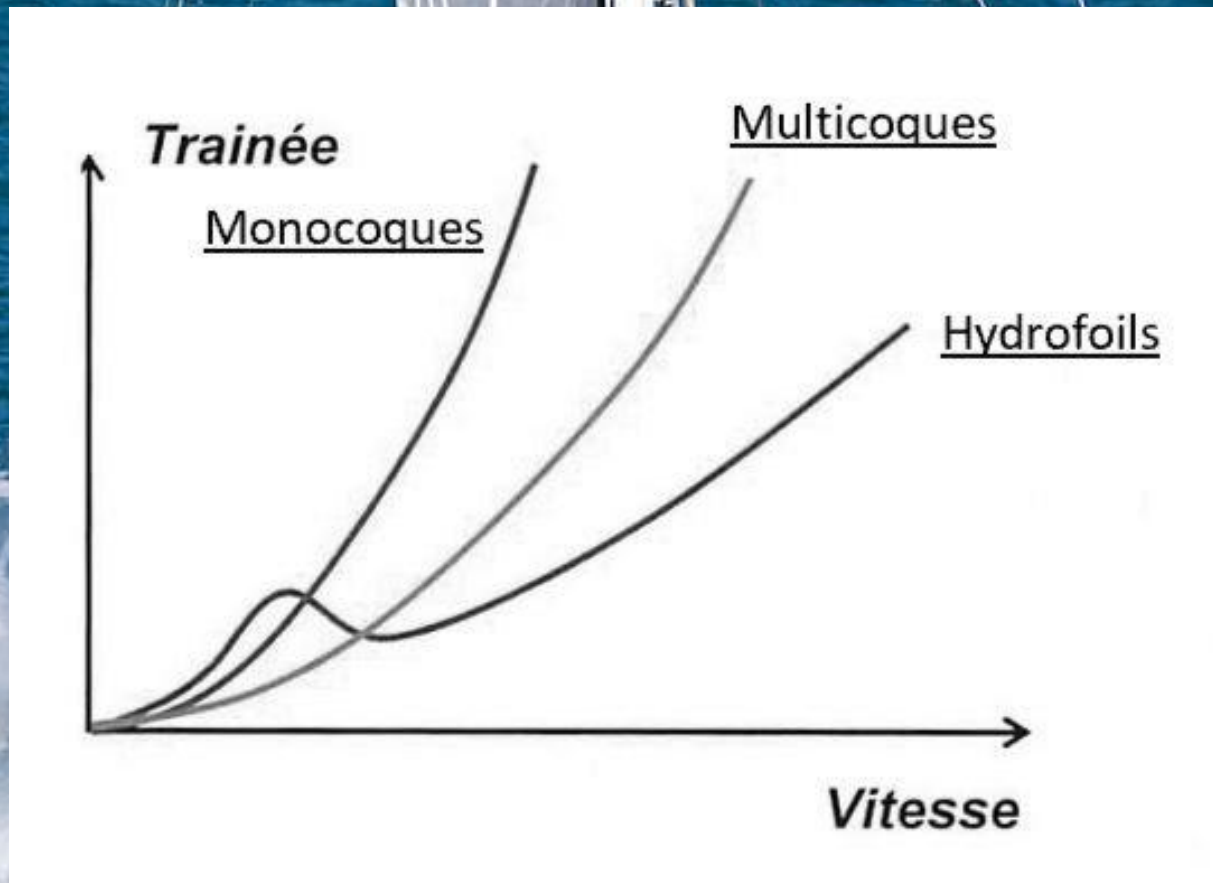
# I. Introduction

## 1. L'hydrofoil : une aile d'avion sous marine.





## 2. Une évolution dans la recherche de la réduction des frottements :



### 3. Les différents types d'hydrofoils

Foil en T :



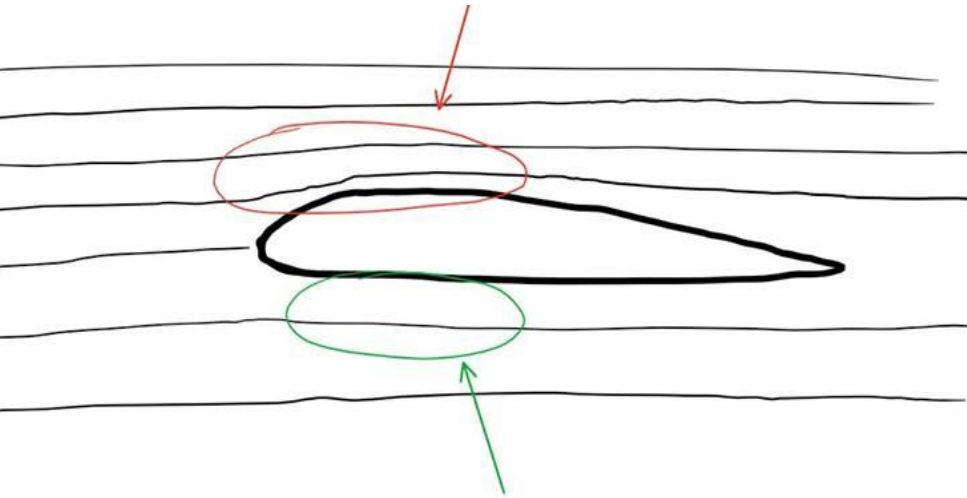
Foil en V :



# II. Étude théorique

## 1. L'origine de l'étude de l'hydrodynamisme : les frottements fluides

Lignes de champs de  $v$  se resserrent :  $v$  augmente



Lignes de champs de  $v$  s'éloignent :  $v$  diminue

Théorème d'Ostrogradski :

$$\iint_S \vec{rot}(\vec{v}) \cdot d\vec{S} = \oint_C \vec{v} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint_C \vec{v} \cdot d\vec{l} \neq 0 \rightarrow \vec{rot}(\vec{v}) \neq 0$$

Or loin de l'aile :  $\vec{rot}(\vec{v}) = 0$

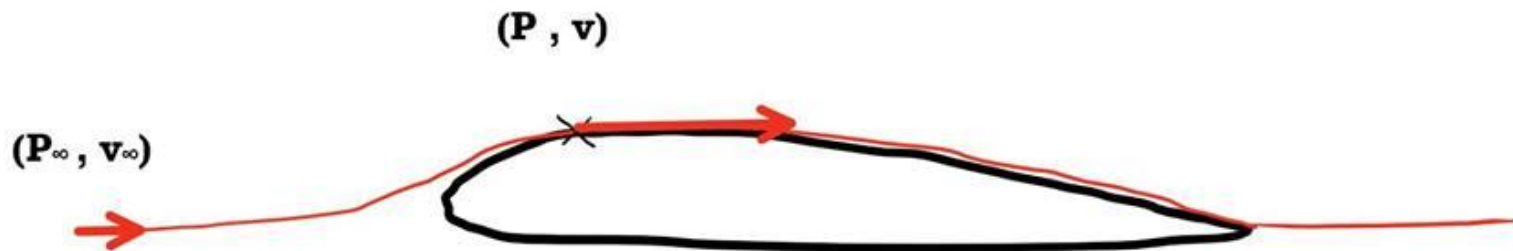
D'après le théorème de Lagrange :

→ **Eau fluide non parfait**

## 2. Présentation du foil :

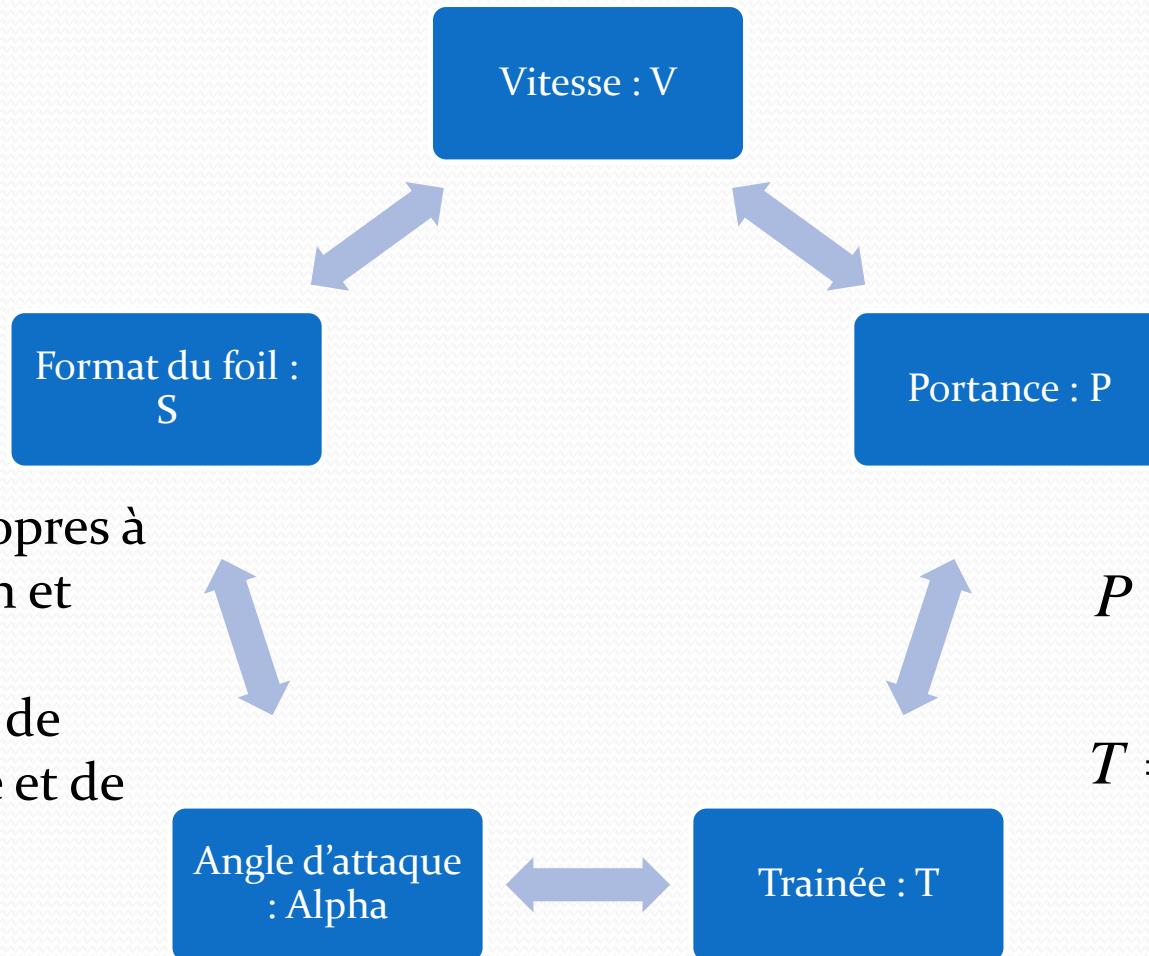
*Pour un écoulement parfait, incompressible, homogène et stationnaire :  
relation de Bernoulli le long d'une ligne de courant.*

$$P_{\infty} + \frac{1}{2}\rho v_{\infty}^2 = P + \frac{1}{2}\rho v^2$$



$$C_p = \frac{P - P_{\infty}}{Q_{\infty}} \text{ où } Q_{\infty} = \frac{1}{2}\rho v_{\infty}^2$$

### 3. Des grandeurs intimement liées :



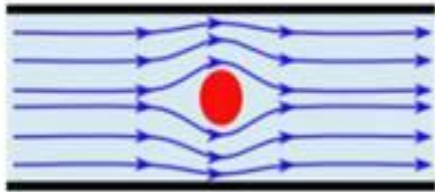
$C_L$  et  $C_D$  sont propres à l'aile en question et dépendent essentiellement de l'angle d'attaque et de la taille de cette dernière.

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L$$
$$T = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D$$



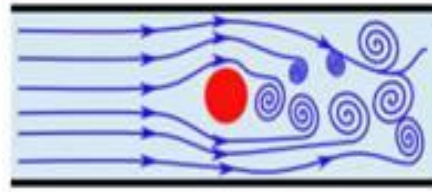
## 4. Optimisation du rendement en portance :

Pour des faibles vitesses :

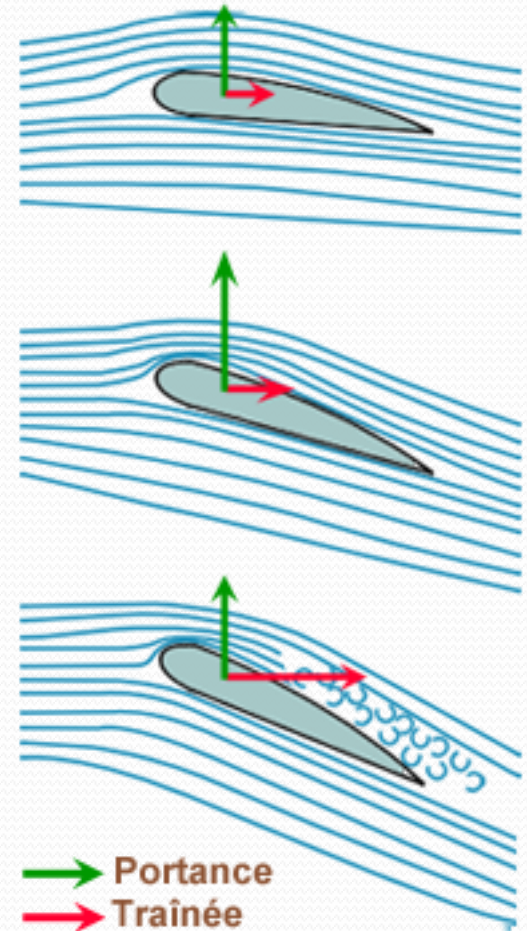


« loi linéaire »

Pour des vitesses élevées :



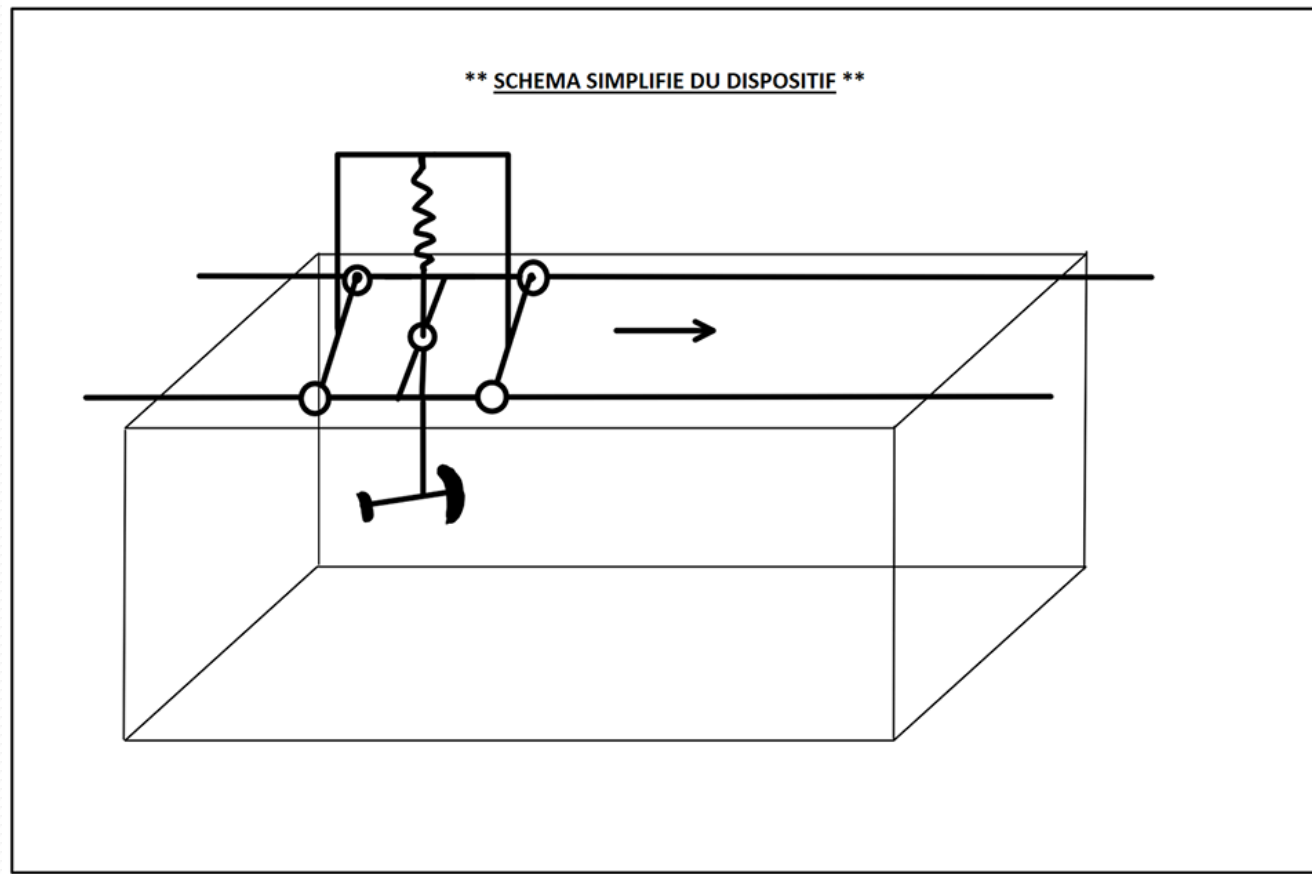
« loi quadratique »



→ Portance  
→ Trainée

# III. Étude pratique :

## 1. Dispositif expérimental :

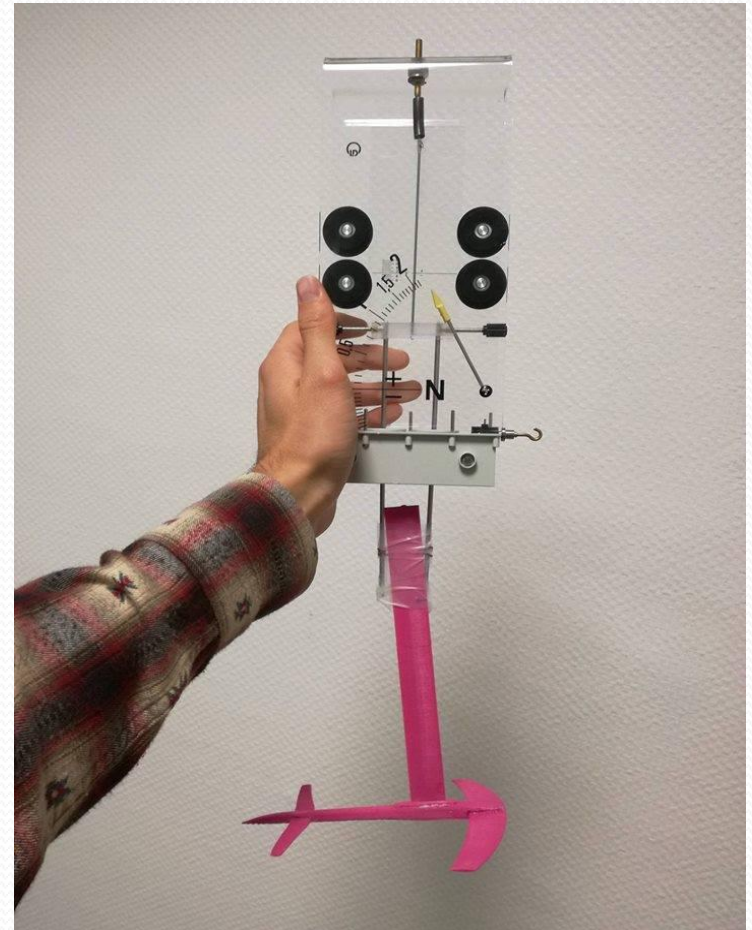


## 2. Réalisation:

Modélisation à l'échelle 1/5 de l'hydrofoil grandeur nature :

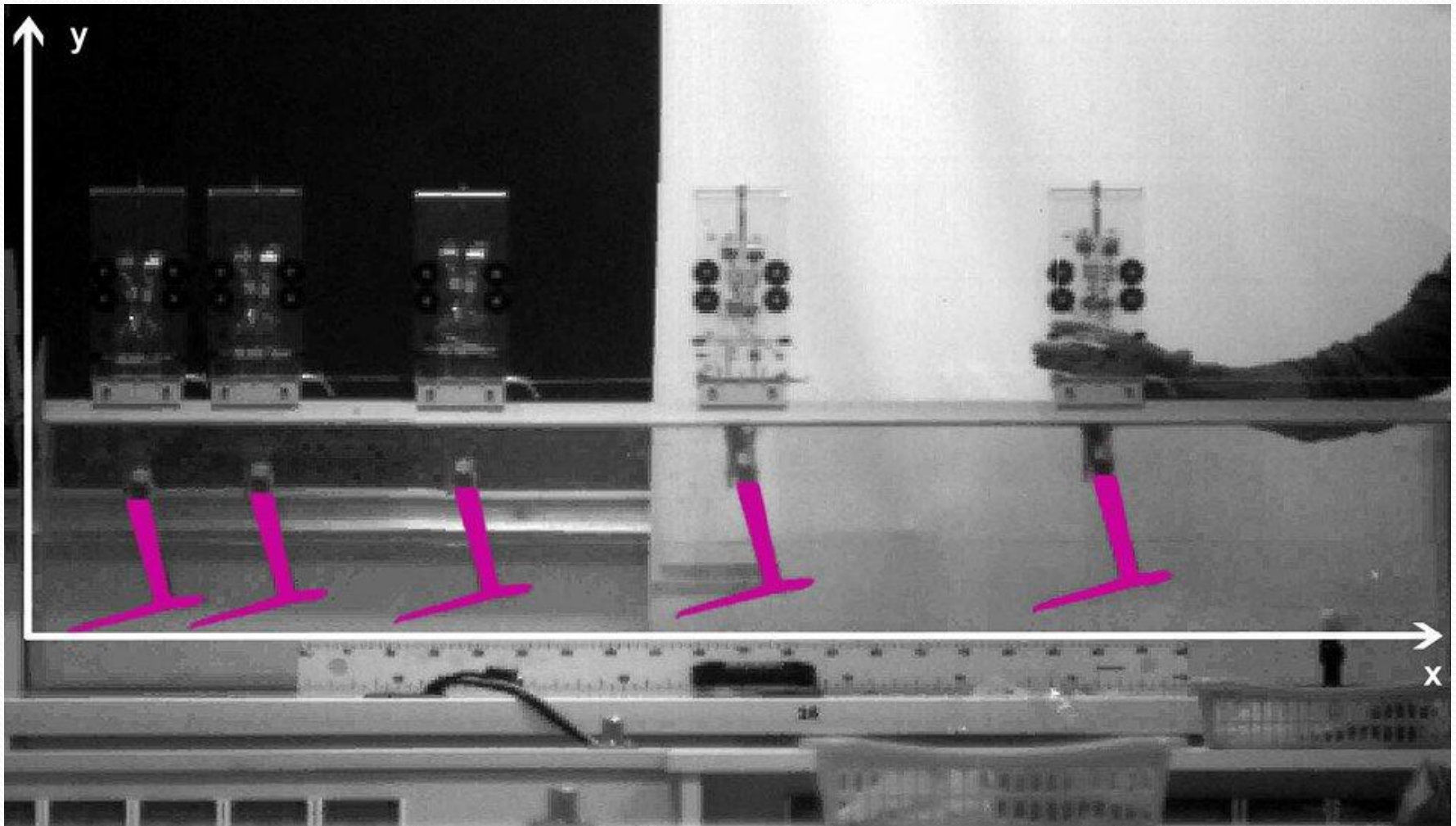


## 2. Réalisation:



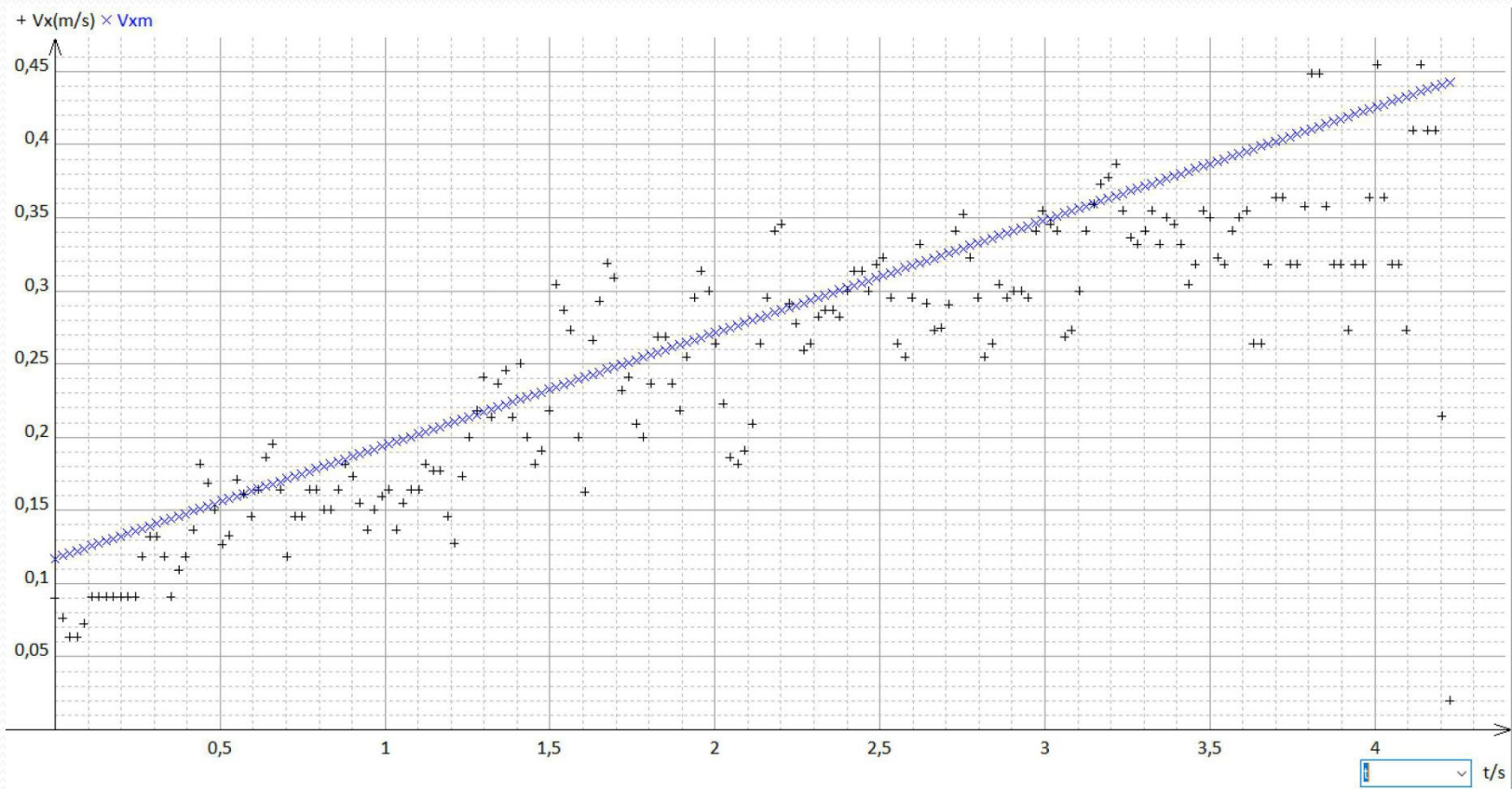


### 3. Exploitation :



## 4. Résultats : nécessité d'approcher les données par des modèles.

$$V_x = f(t)$$

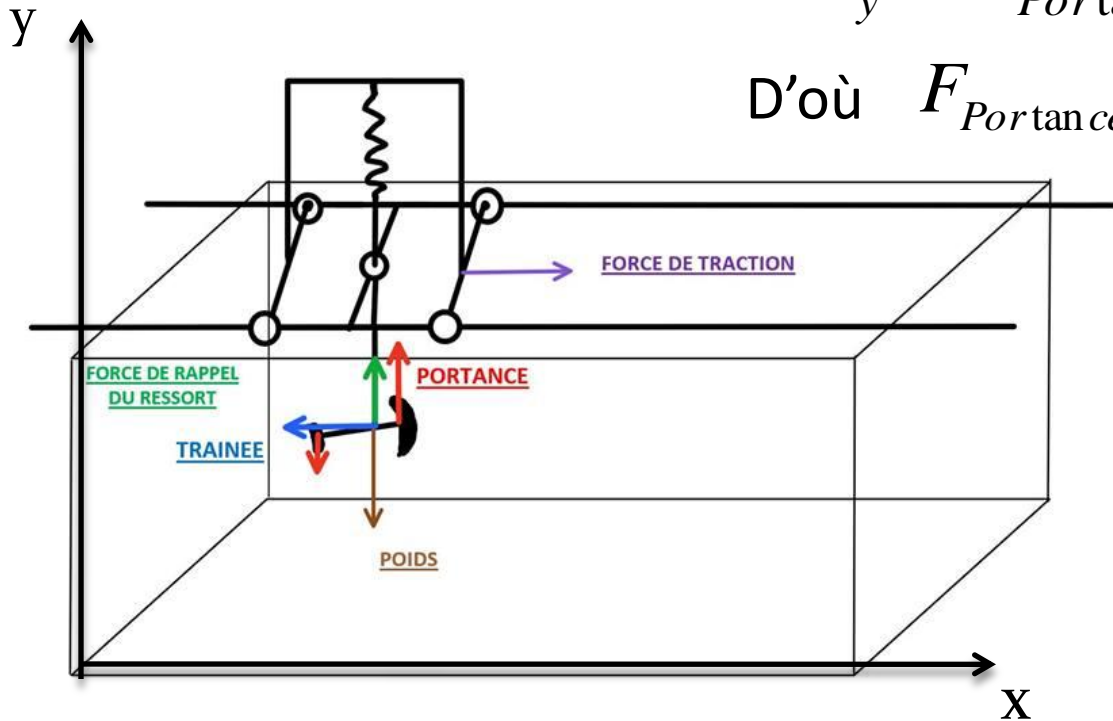


## 4. Résultats : Obtention de la force de portance.

PFD appliqué au foil et projeté suivant y:

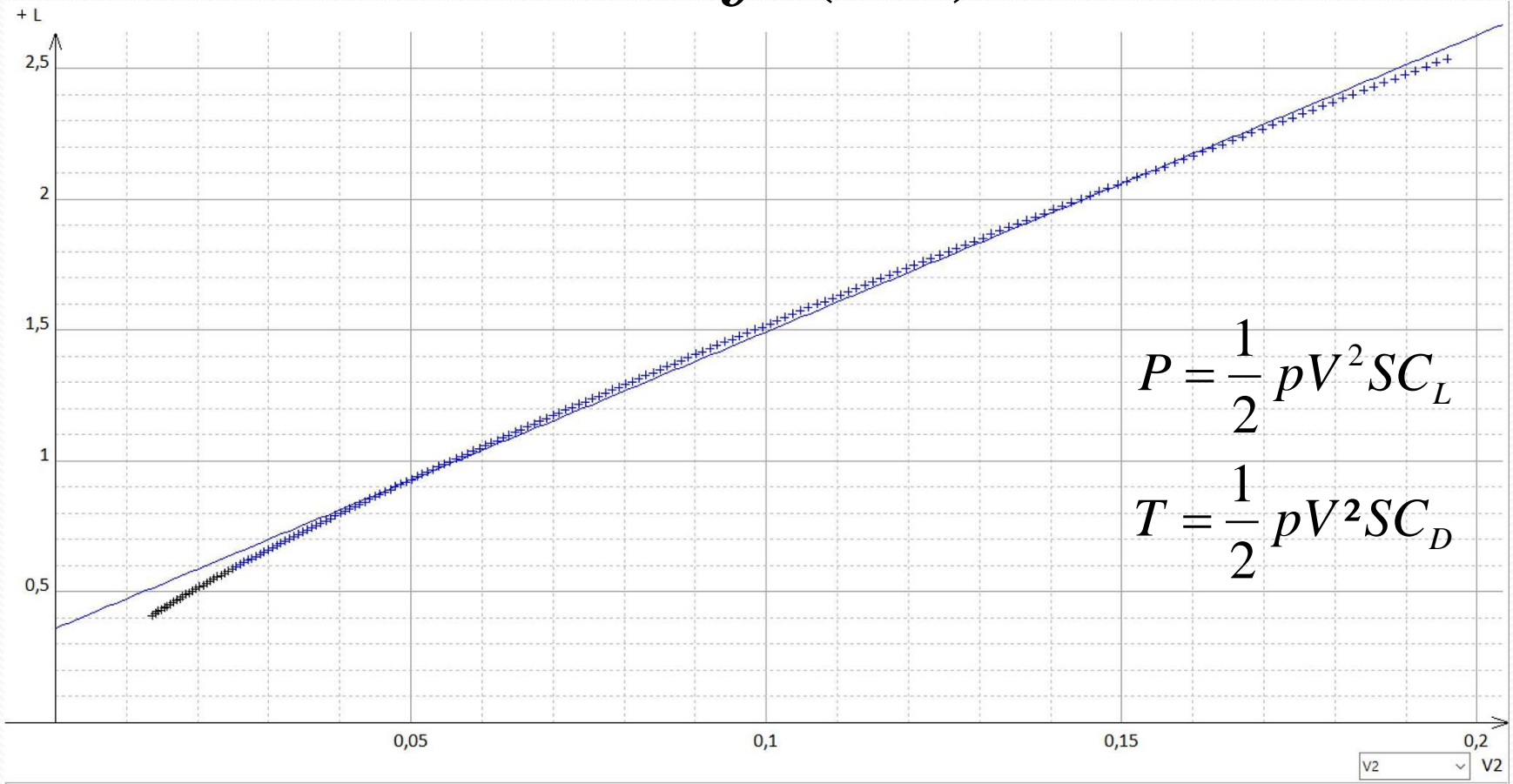
$$ma_y = F_{Portance} + F_{ressort} + F_{Poids}$$

$$\text{D'où } F_{Portance} = ma_y + k(y - y_{\text{éq}})$$



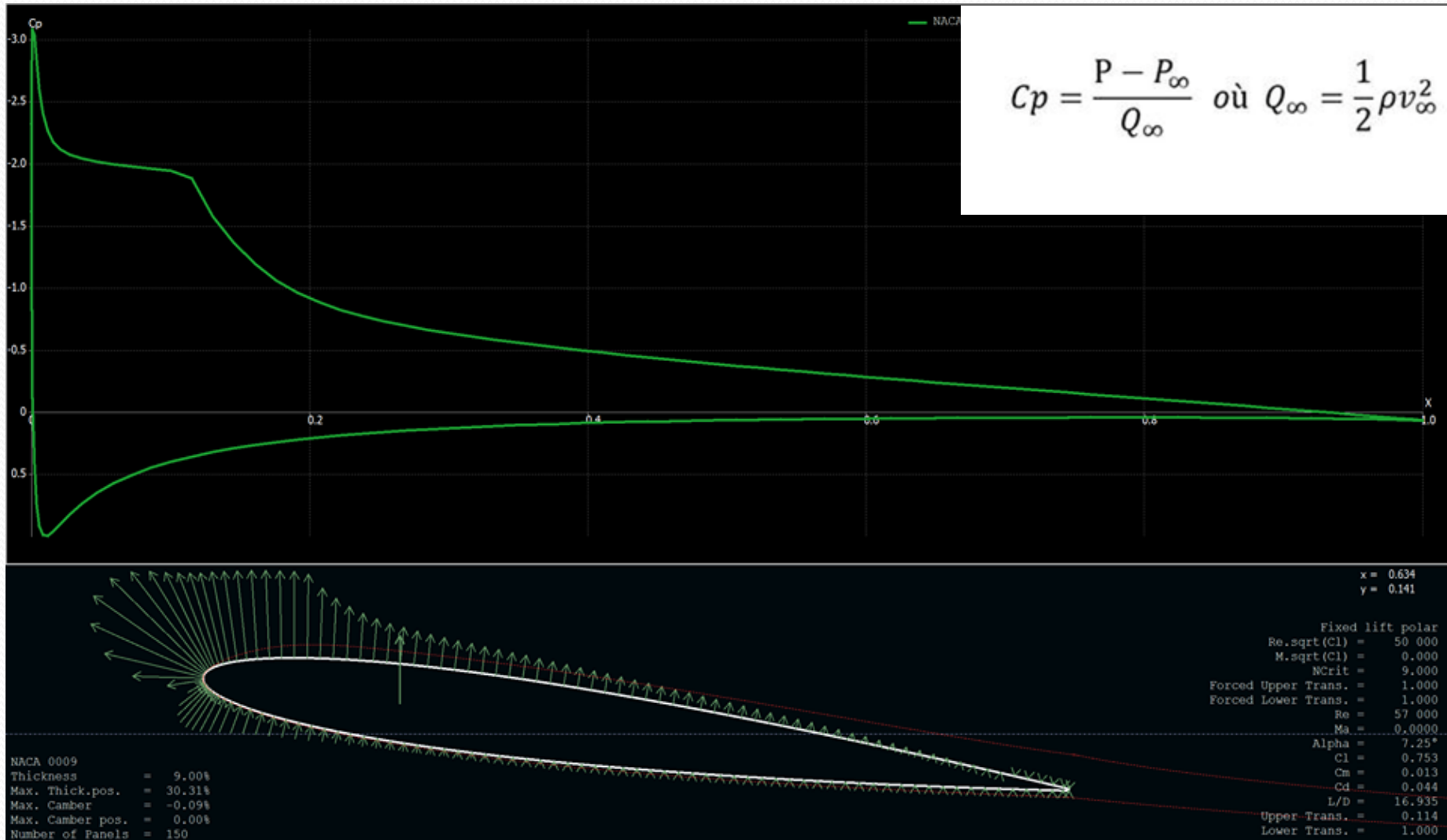
## 4. Résultats : Portance en fonction de $V^2$ , détermination du coefficient $C_L$ :

$$P = f(V^2)$$

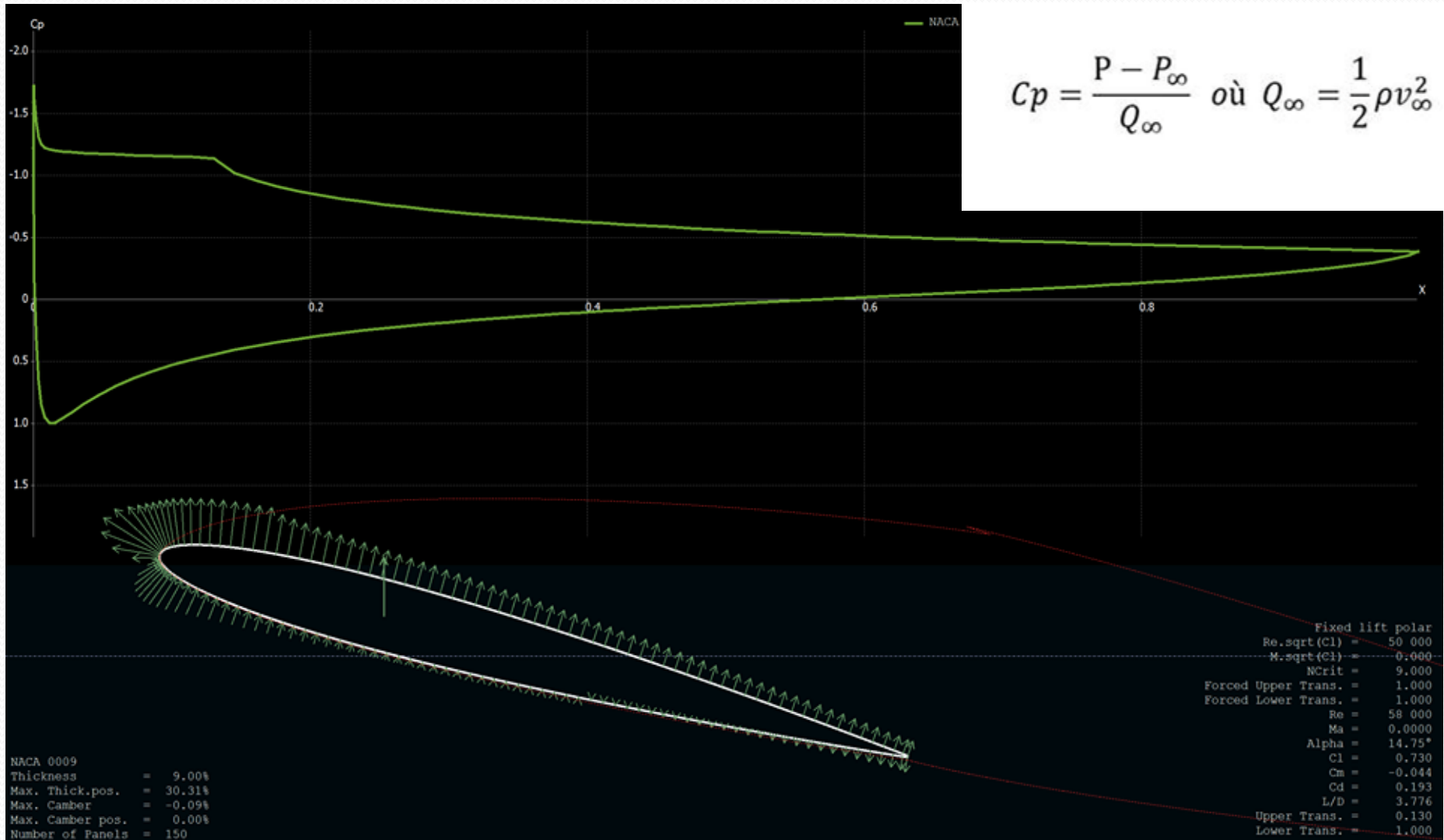




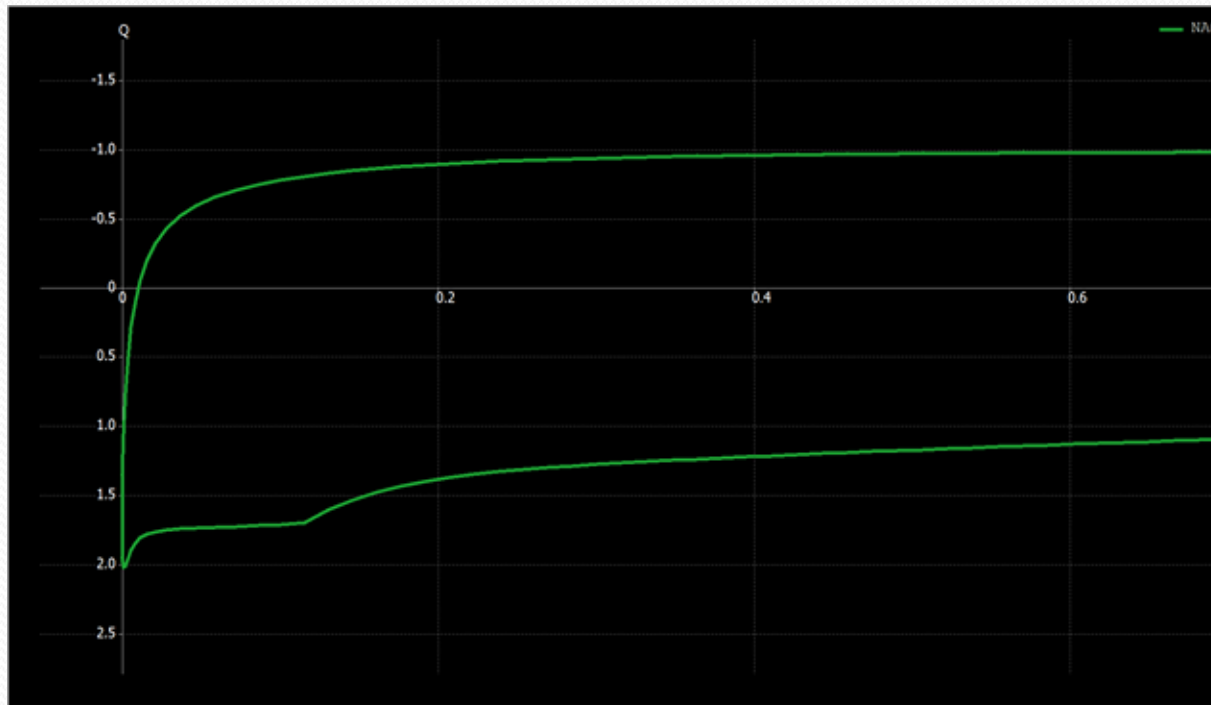
## 5. Comparaison avec XFLR5 : $C_p=f(x)$ , $7.25^\circ$



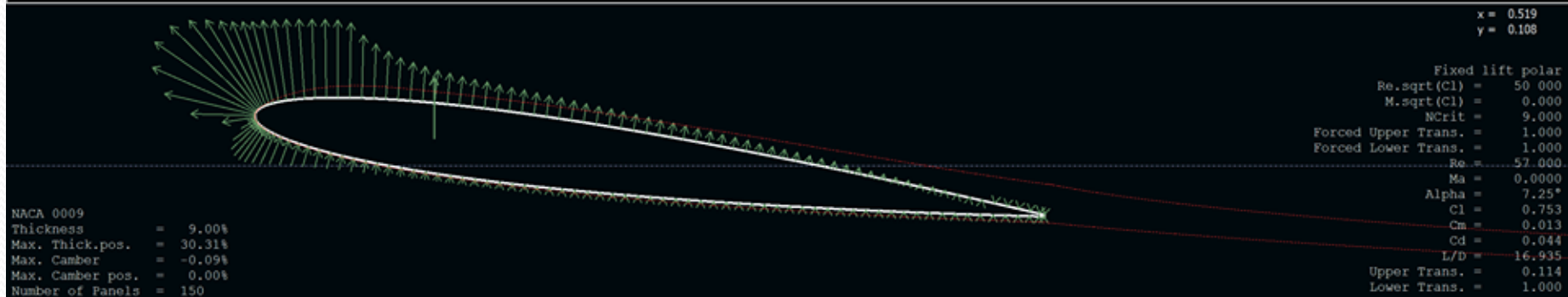
## 5. Comparaison avec XFLR5 : $C_p=f(x)$ , $14.75^\circ$ :



## 5. Comparaison avec XFLR5 : $Q=f(x)$ , $7.25^\circ$ :



$$C_p = \frac{P - P_\infty}{Q_\infty} \quad \text{où} \quad Q_\infty = \frac{1}{2} \rho v_\infty^2$$



# IV. Conclusion

- Bien que nos expériences aient été concluantes quant à la vérification de la théorie, on ne peut leur accorder qu'une confiance limitée car nous n'avons pas réussi à respecter le principe de similitude notamment à travers le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{VL\rho}{\mu} = \frac{VL}{\nu}$$

$$Re_{\text{modèle}} = \frac{10 * 0,5}{10^{-6}}$$

$$Re_{\text{foil}} = \frac{0,4 * 0,13}{10^{-6}}$$



# Les foils de demain :

