



Contexte et Introduction

En planche à voile, l'aileron a un rôle prépondérant dans l'équilibre des forces pour la navigation. Il existe plusieurs types d'ailerons qui correspondent à différents types de navigation.

Le but de notre étude est de mettre en évidence l'impact de la forme des ailerons sur les forces hydrodynamiques. Pour ce faire, 2 types d'ailerons ont été étudiés pour différents profils d'ailes.



Figure 1: Illustration des différents ailerons de planche à voile

Dispositifs Expérimentaux

Deux études de deux types d'ailerons (Freeride et Slalom) avec 3 profils d'ailes différents, par épaisseur croissante: **S1010**, **NACA 0012** et **NACA 0018**.

Étude de la **trainée** à l'aide d'un dispositif de pesée hydrodynamique

- La force de trainée sur la planche et l'aileron impose une **rotation du pivot**.
- L'ajout d'une masse m génère un **couple antagoniste** pour retrouver une position d'équilibre horizontal

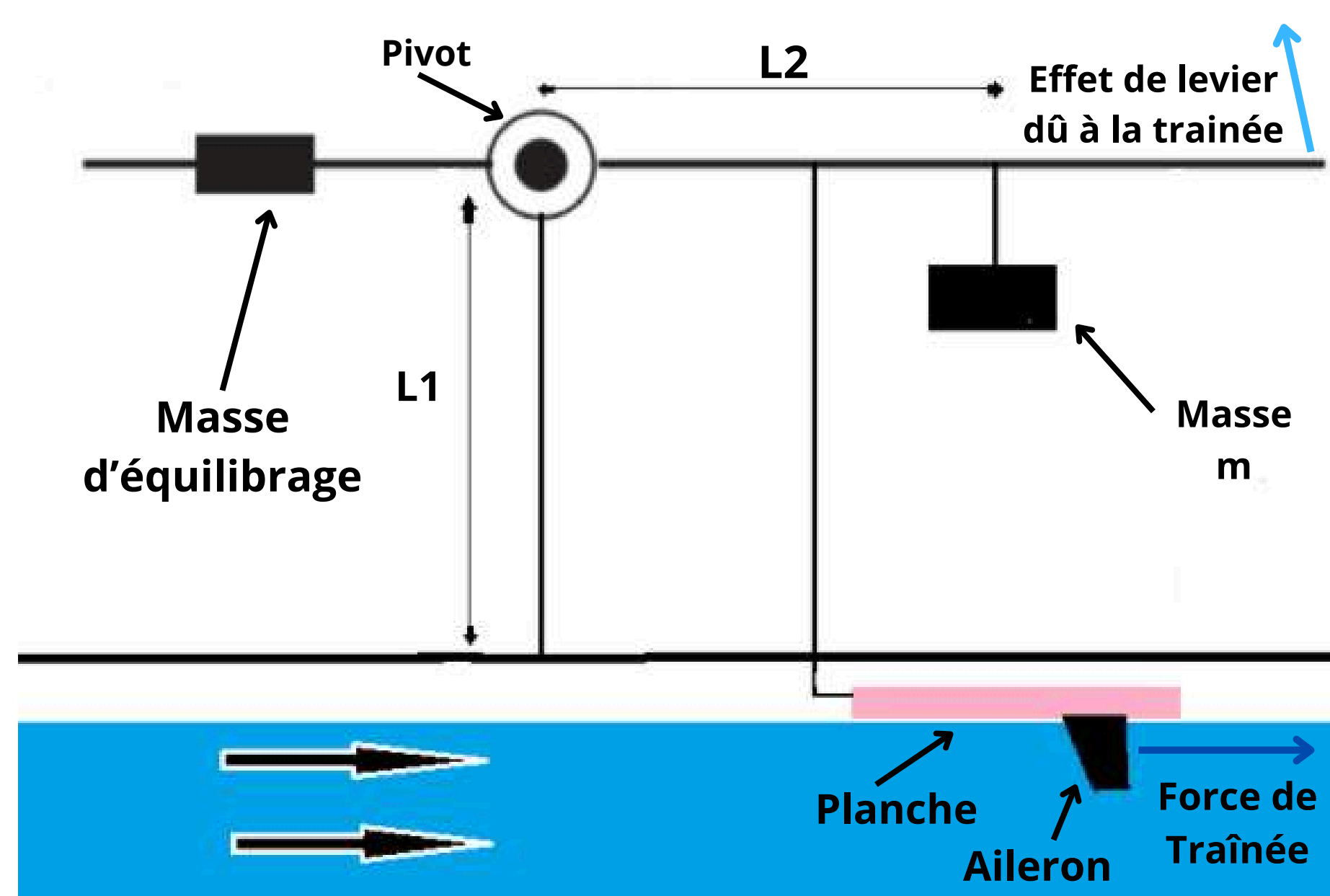


Figure 2: Schéma du dispositif exp. de mesure de la trainée

Étude de la **portance** à l'aide d'un dynamomètre pour différents angles

- Système dans l'axe central du canal pour éviter les effets de bord
- Structure rigide reliée à l'avant de l'aileron par une liaison **pivot**
- Tige verticale à l'arrière de l'aileron pour la **stabilité** et l'installation du dynamomètre
- Mesures de F grâce au dynamo qui empêchera l'aileron de revenir à sa position d'équilibre, créant une **résistance**

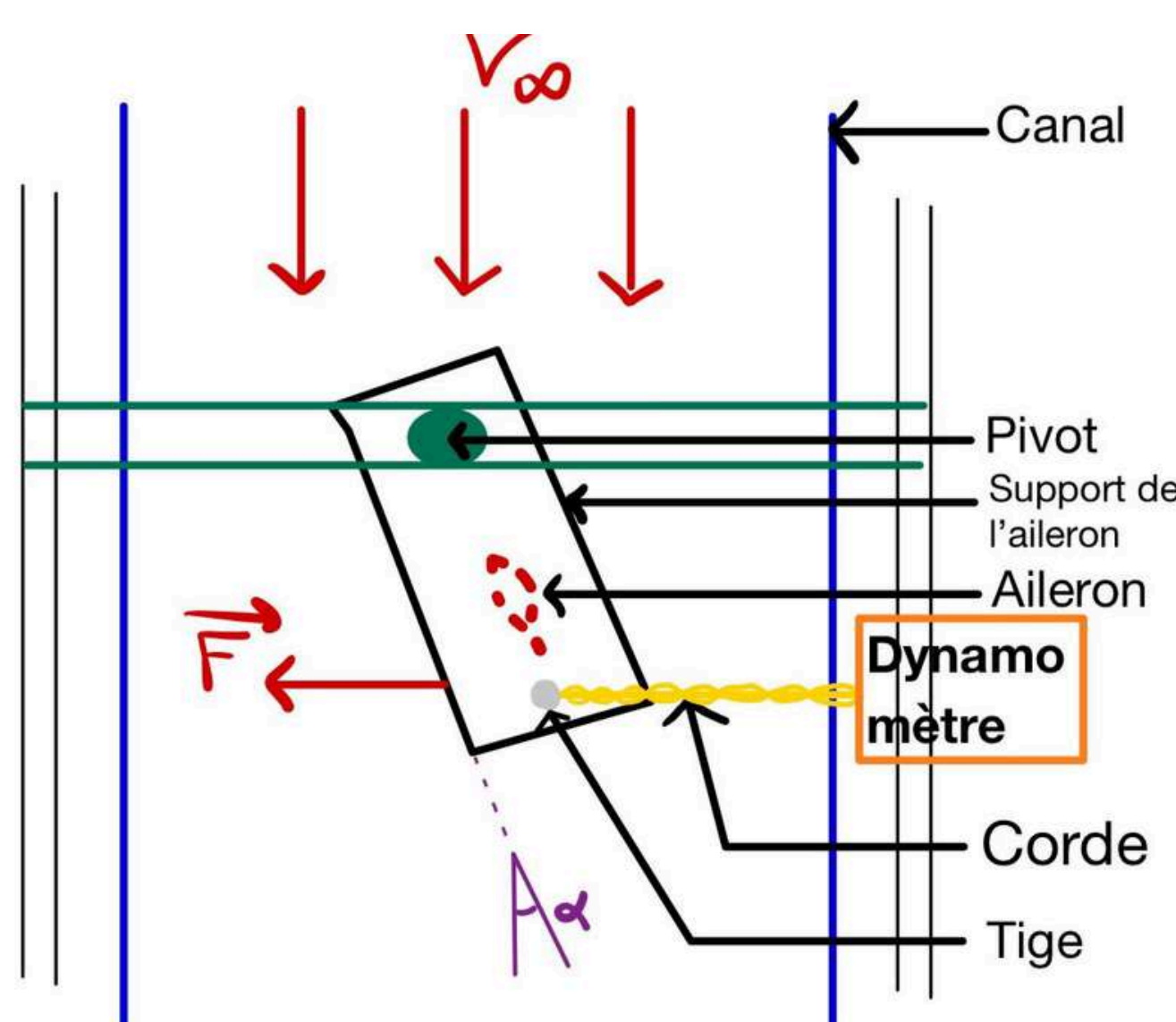


Figure 3: Schéma du dispositif exp. de mesure de la portance

- Modélisation** des ailerons sur le logiciel FreeCAD à partir des profils d'aile, découpe du modèle 3D sur CURA puis impression sur imprimante 3D Ultimaker S5.

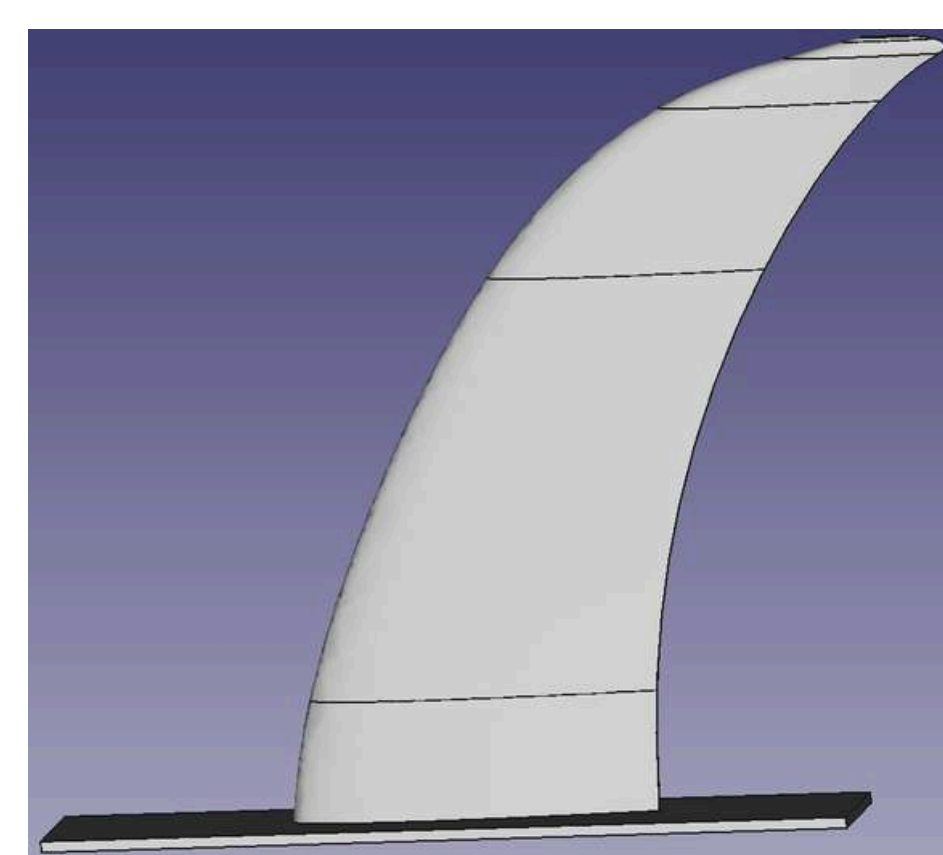


Figure 4: Modélisation du Freeride NACA 0012 sur FreeCAD

Simulation Numérique

- Afin de valider et commenter les résultats expérimentaux, il est nécessaire de récupérer les **résultats théoriques** des coefficients de trainée et de portance.
- Pour cela, le logiciel XFOIL 6.99 permet de charger un profil NACA puis de calculer **numériquement** les coefficients de portance et de trainée pour différents Reynolds et angles d'incidence.

Références

- Bilans** :
 - ENSEEIH. (n.d.). Sujet de TP "Réduction de trainée". ENSEEIH.
- Profils NACA** :
 - Airfoil Tools. (n.d.). Profils NACA. Airfoil Tools. <http://airfoiltools.com>
- Fonctionnement d'un aileron de windsurf** :
 - Maui Ultra Fins. (n.d.). Fonctionnement d'un aileron de windsurf. Maui Ultra Fins. <http://mauiultrafins.fr>
- Aspects physiques et pratiques de la planche à voile** :
 - Weber, P. (2007). Aspects physiques et pratiques de la planche à voile. Éditions X.

Remerciements

Nous remercions Mr. Durand, Mme Albagnac et Mr. Mirouze pour l'aide apportée tout au long de ce projet.

Etude de Trainée

L'effet de levier généré par la **force de trainée** T peut être relié au poids de la masse ajoutée m : $TL_1 - mgL_2 = 0$ ainsi $T = mg \frac{L_2}{L_1}$

Le coefficient de trainée s'exprime : $C_T = \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S_{ref}$

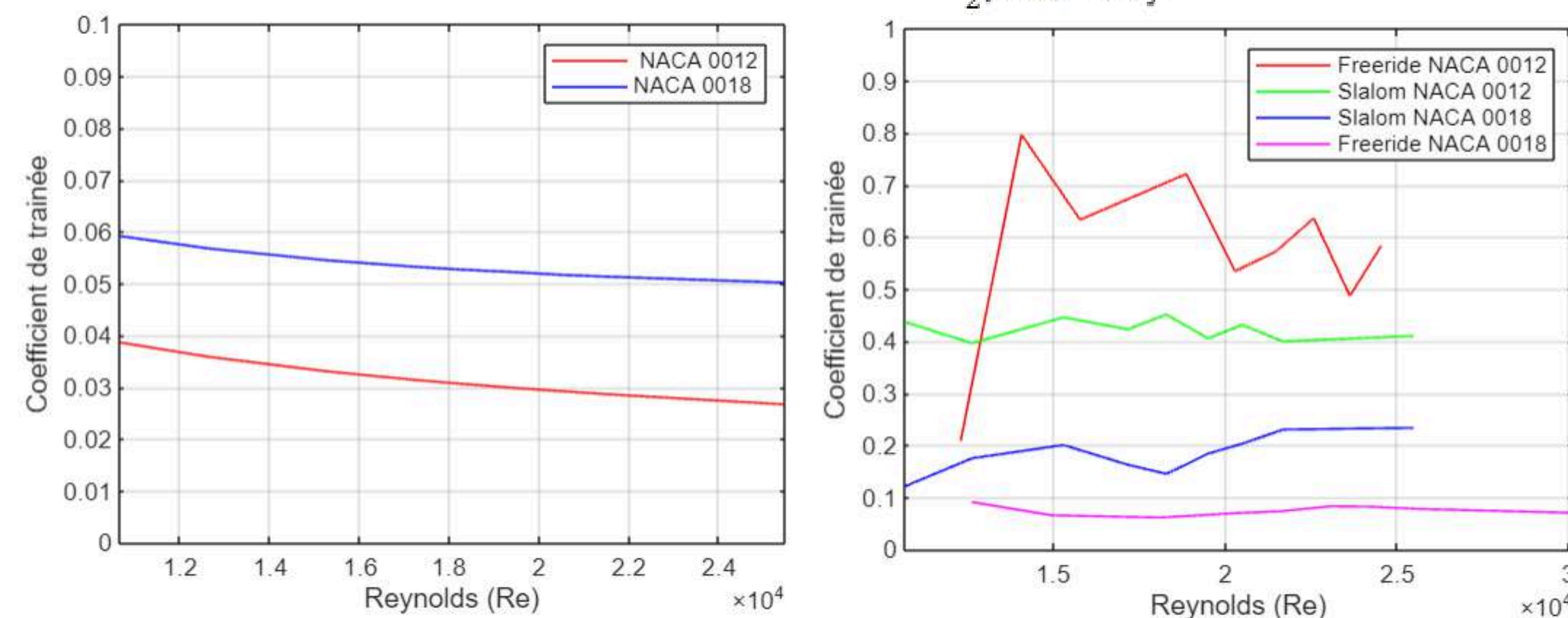


Figure 5: Coefficients de trainée C_t théorique (à gauche) et expérimental (à droite)

Incertitudes de mesure

- $m \pm 1g$
- $L1 \pm 1 mm$.
- Hauteur d'eau : $\pm 2 mm$

- Prise en compte de la trainée des ailerons et de la planche pour les valeurs expérimentales
- Diminution théorique** de C_t pour des nombres de Reynolds croissants
- La courbe expérimentale **Slalom NACA 0012** suit cette tendance, mais présente une baisse moins marquée
- Les autres profils présentent des valeurs de C_t croissantes, montrant **une limite** de notre dispositif expérimental
- Les profils NACA 0018 présentent un coefficient de trainée expé. plus faible que le 0012, ne confirmant pas la théorie

Les incertitudes de mesure permettent d'expliquer certaines différences entre les valeurs expérimentales et théoriques, mais le facteur 10 montre que la planche à une trainée **nettement supérieure** à l'aileron.

Etude de Portance

Avec un angle d'incidence dans l'écoulement, l'aileron subit une force latérale assimilable à une **force de portance** P

- Débit max imposé en amont pour obtenir des résultats plus exploitables

$$C_P = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S_{ref}}$$

Coefficient de portance

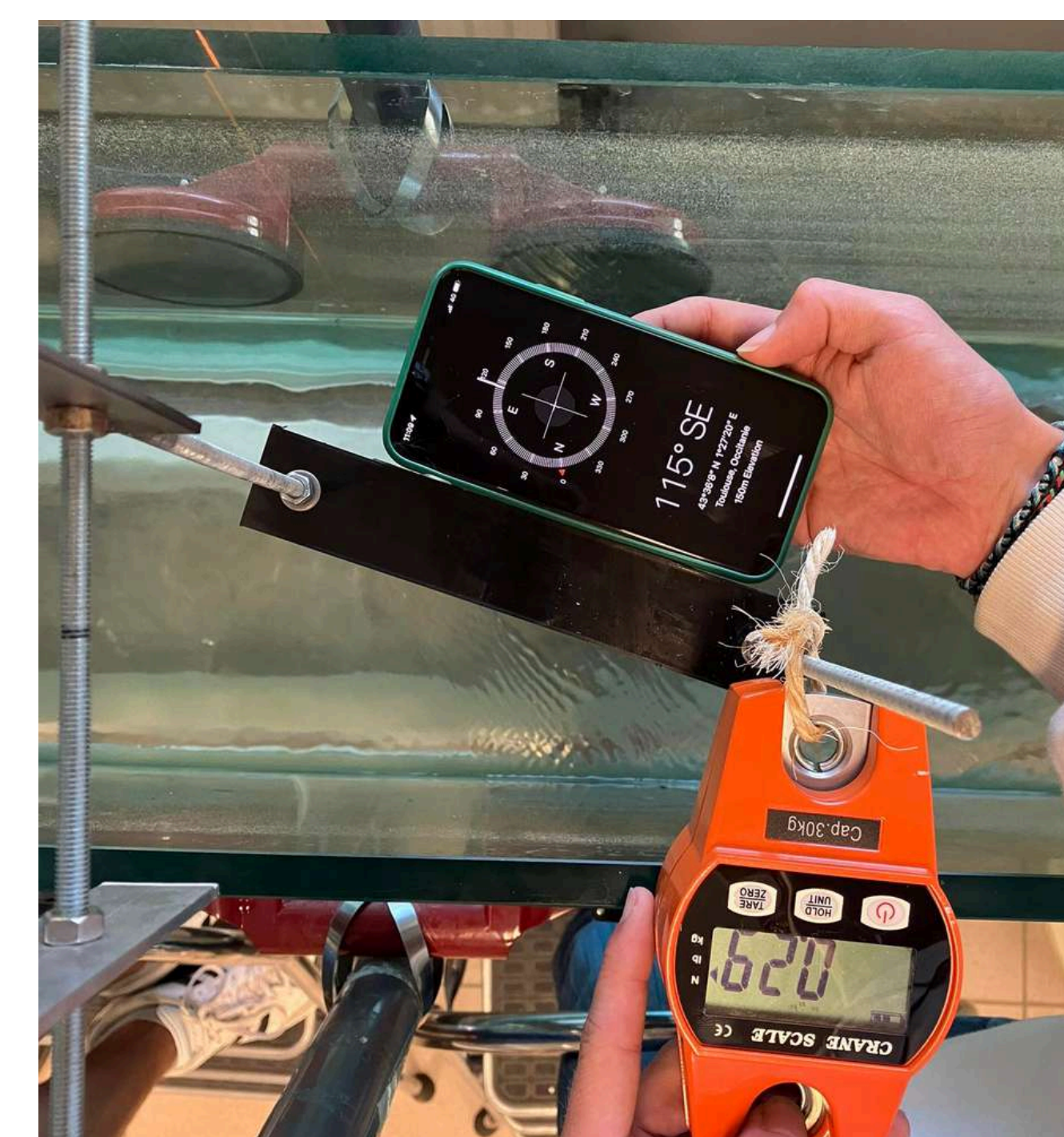


Figure 6: Dispositif de mesure de la portance

Observation de résultats expérimentaux de même ordre de grandeur que la théorie avec la même conclusion: la portance **augmente** avec l'angle d'incidence

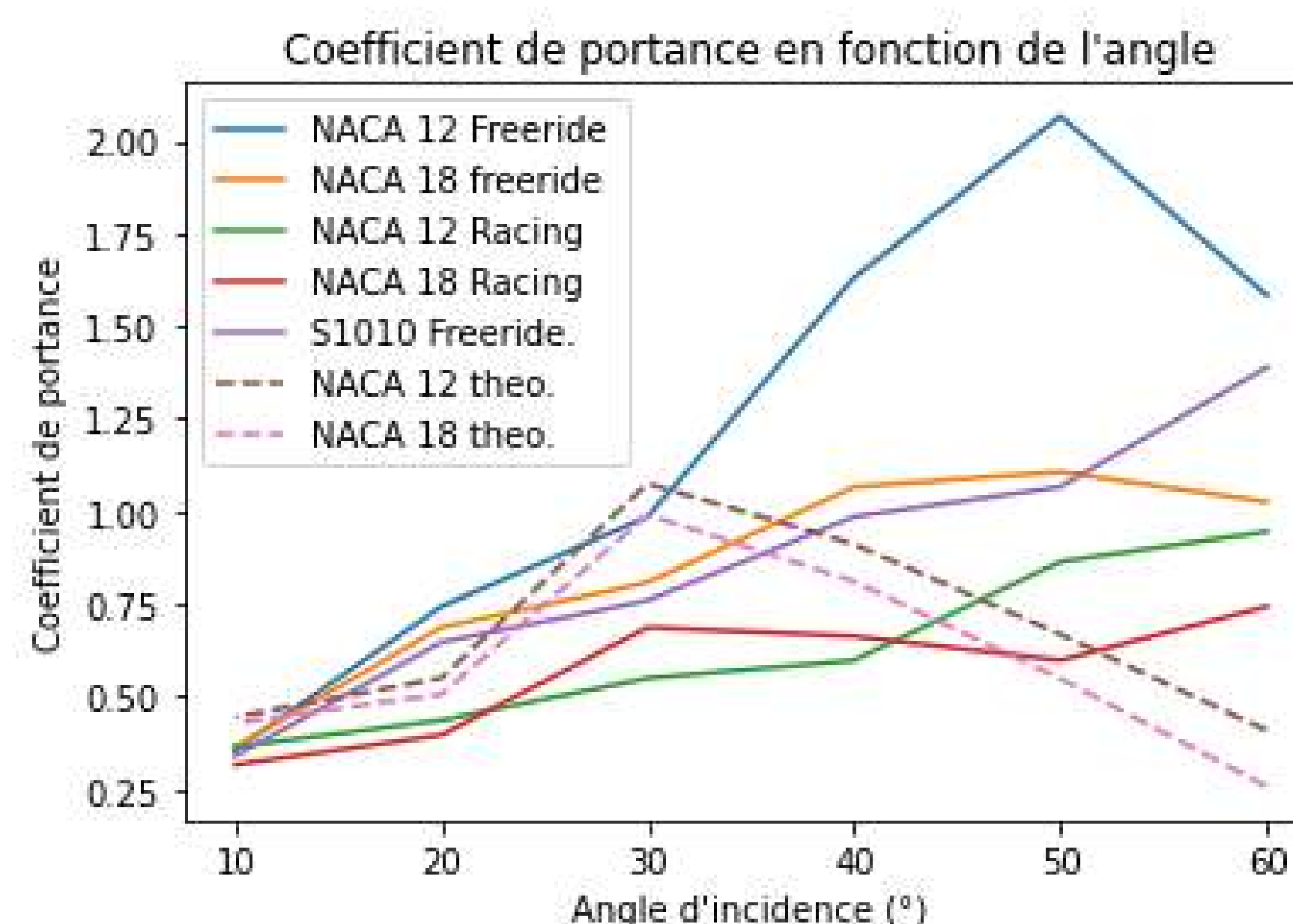


Figure 7: Comparaison des coefficients de portance

- Théoriquement et expérimentalement, plus l'aileron est **épais**, plus la portance sera **faible**.
- Chute de la portance à partir d'un certain angle: c'est le phénomène de décrochage appelé **"spin out"** en planche à voile.

Incertitudes

- Sensibilité du dynamomètre ($\epsilon = \pm 0.08 N$)
- Certains ailerons étaient moins stables
- Stabilité des mesures

Conclusion & Ouvertures

Bien que les différents types d'ailerons présentent des coefficients hydrodynamiques assez proches, les mesures ont montré que les ailerons de slalom ont une tendance plus faible au **spin out** grâce à leur plus grande surface, offrant ainsi une meilleure stabilité. En revanche, les expériences sur la trainée ne nous permettent pas de faire de conclusion sur les profils étudiés.

Pour l'étude de la trainée, il serait nécessaire de concevoir un **autre système expérimental** permettant des mesures plus précises. Une étude comparative de l'aileron seul, puis **couplée** à la planche, permettrait de mieux comprendre ce phénomène.