

Études des performances d'un hydrofoil

THÈME : JEU ET SPORT

Romain CARRIERE – 11540

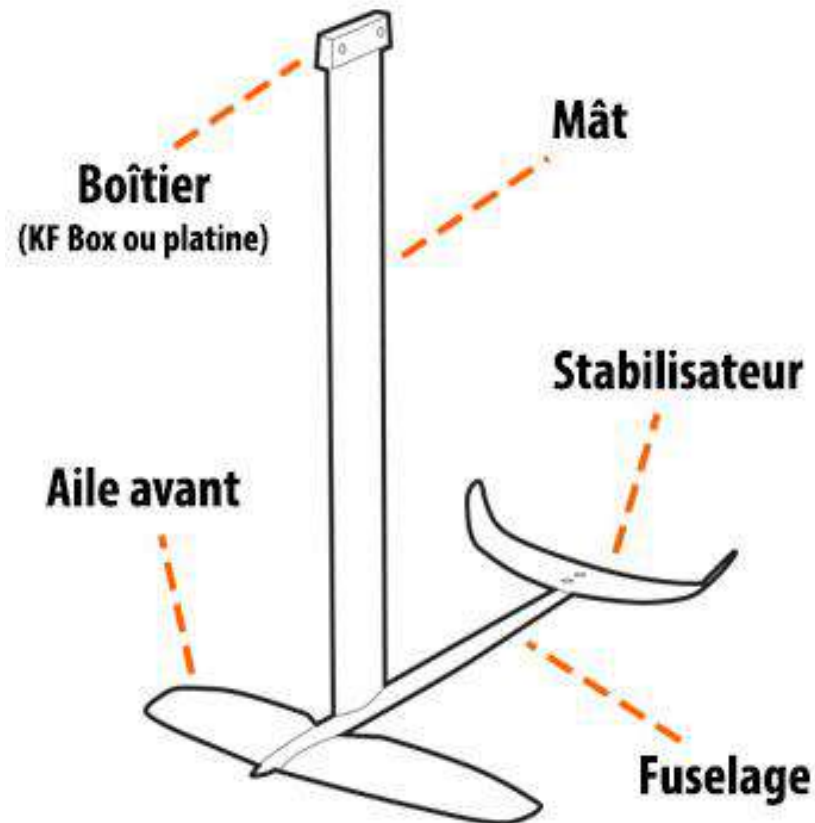
Session 2024



Contexte

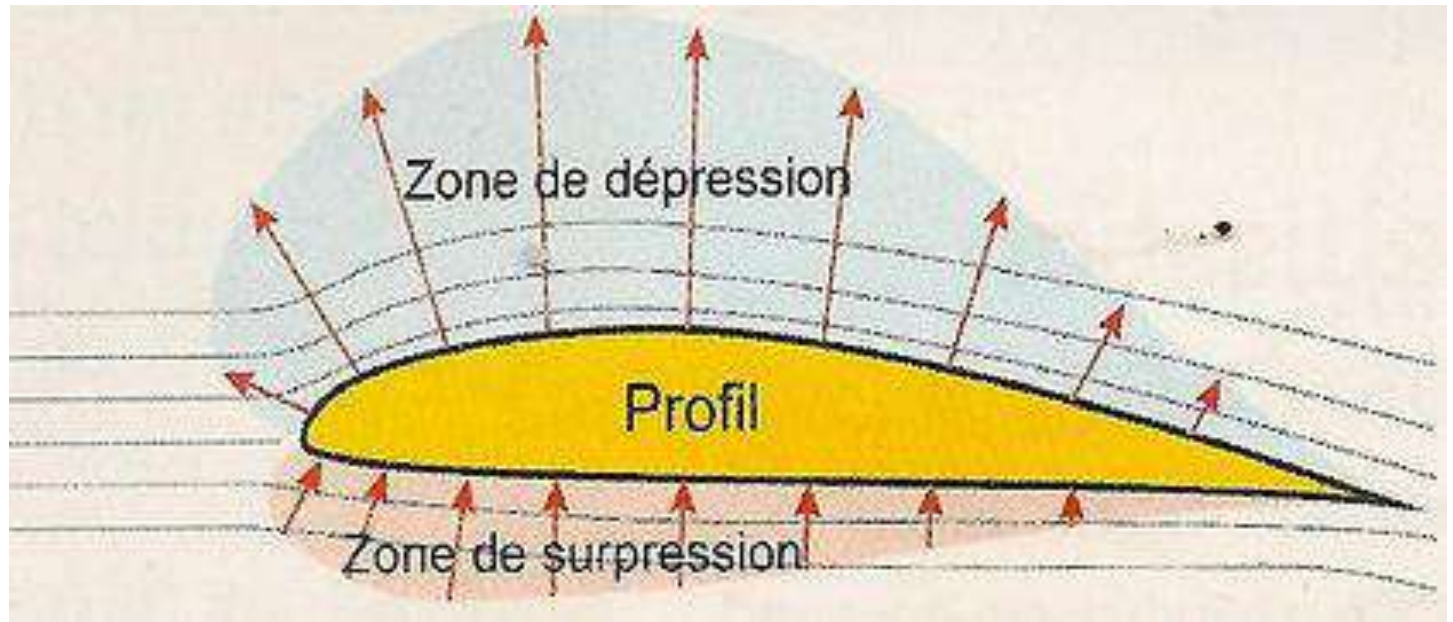
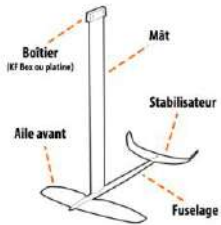
→ Fonctionnement et utilisation du foil :

Vocabulaire



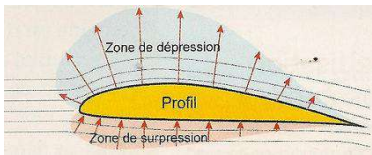
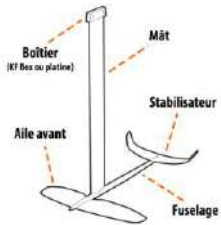
Présentation du Système Foil [1]

Fonctionnement



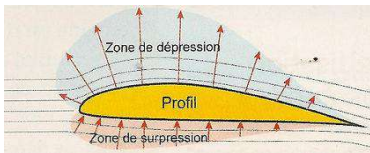
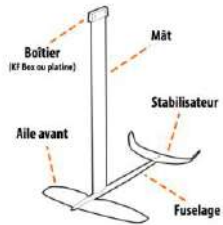
Origine de la portance sur un objet profilé [2]

Sport



Cas d'utilisation sportive [3]

Transport

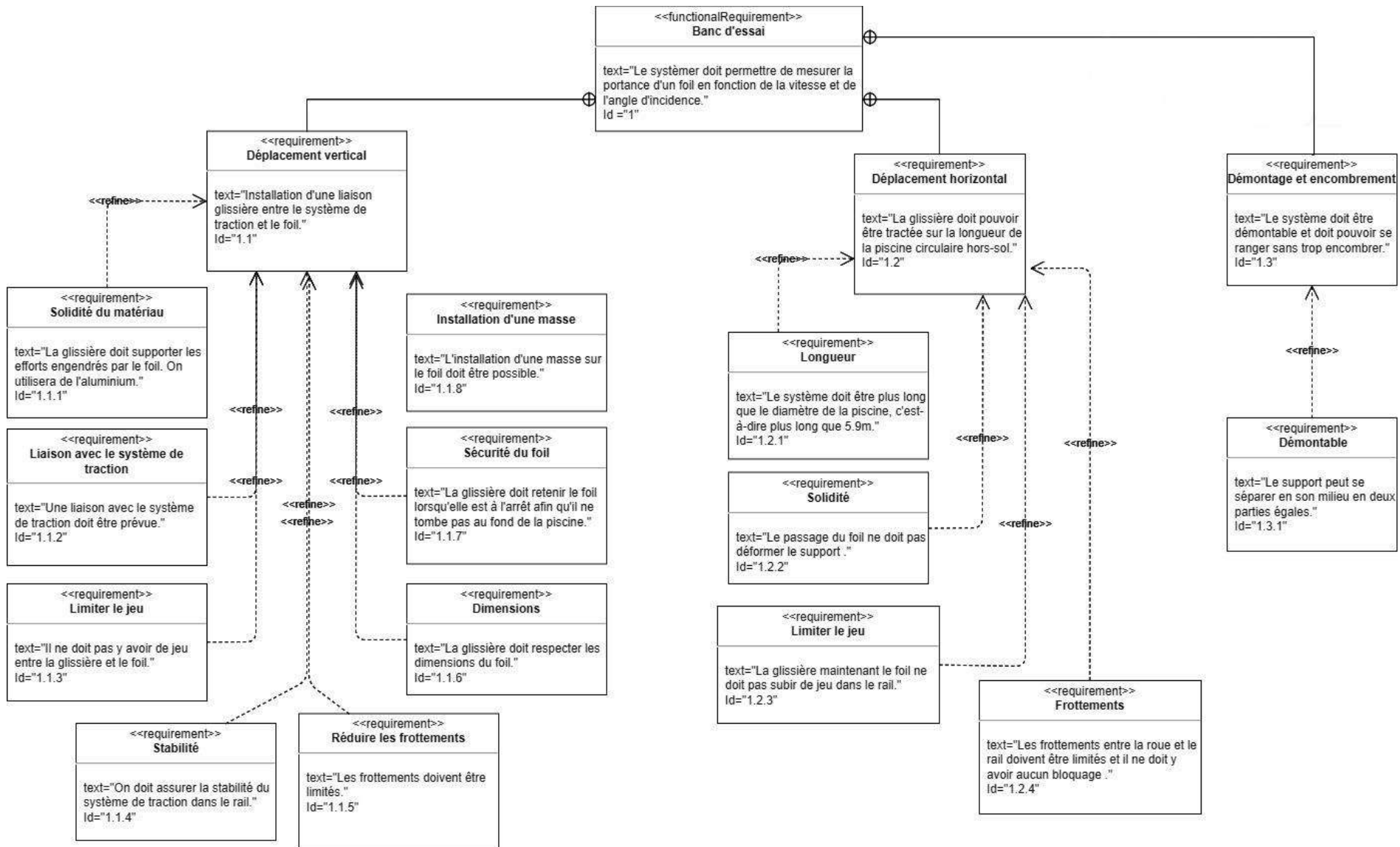


Cas d'utilisation en transport maritime [4]

Objectifs

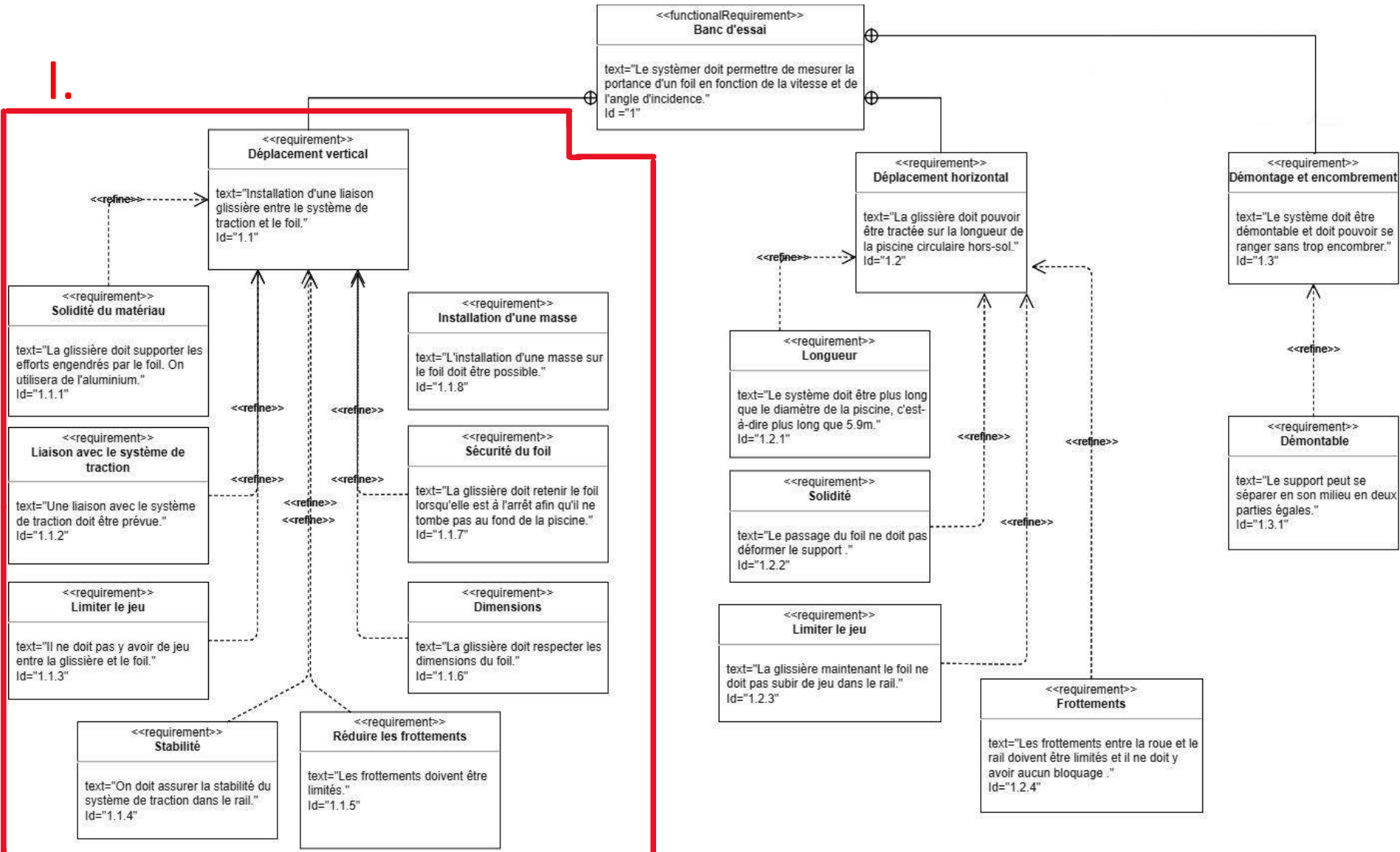
- Création d'un banc d'essai
- Mesure des performances d'un foil

Cahier des charges



Cahier des charges

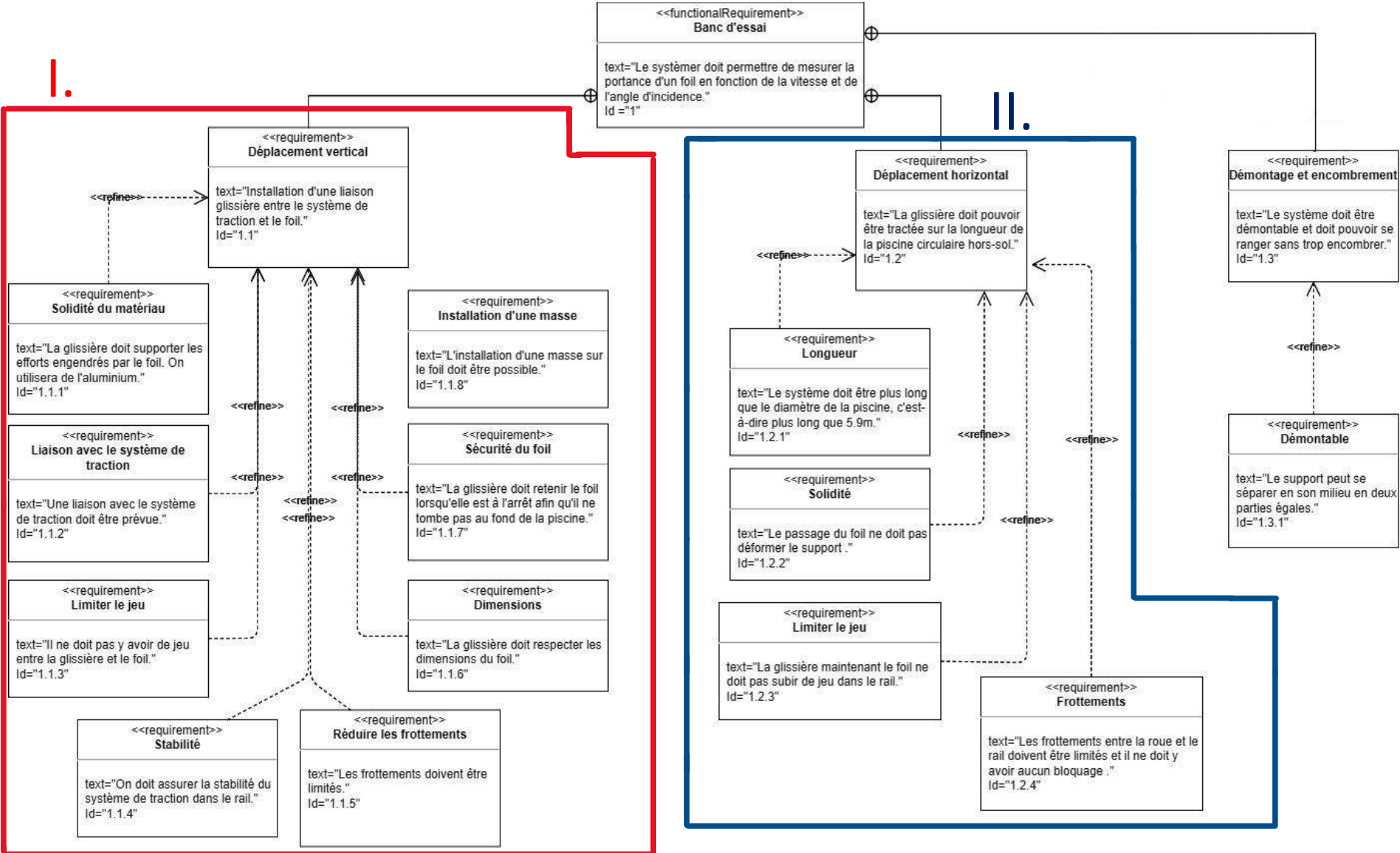
I. Déplacement vertical



Cahier des charges

I. Déplacement vertical

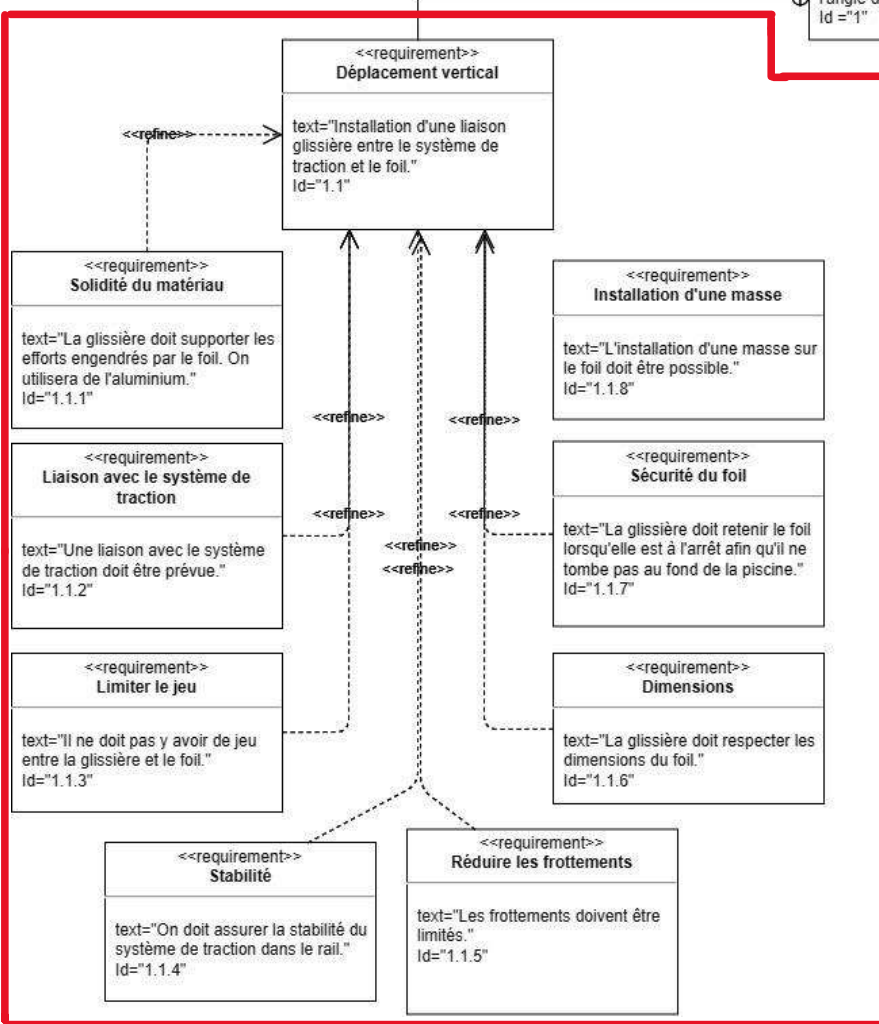
II. Déplacement horizontal



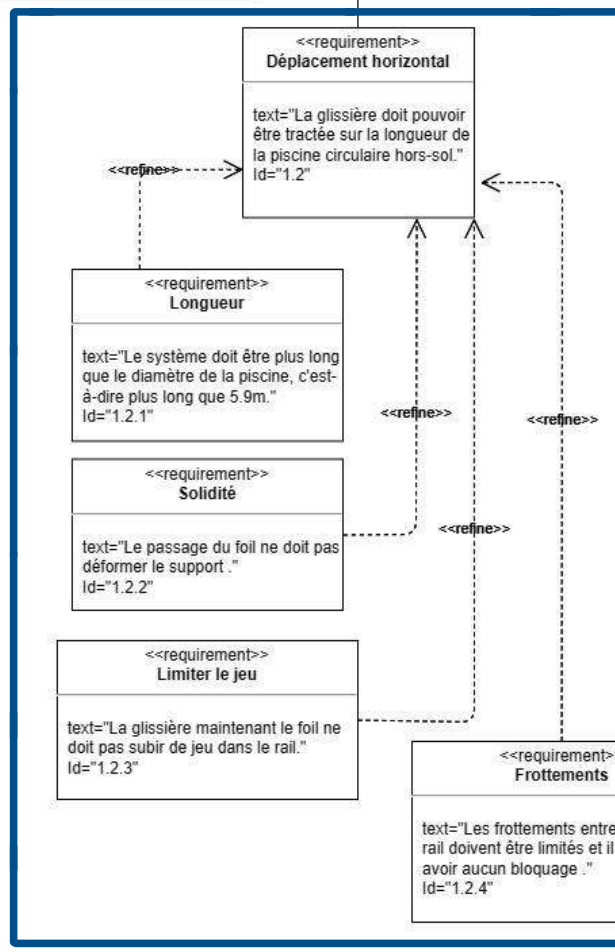
Cahier des charges

- I. Déplacement vertical
- II. Déplacement horizontal
- III. Démontage

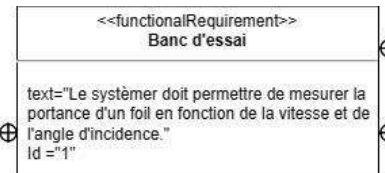
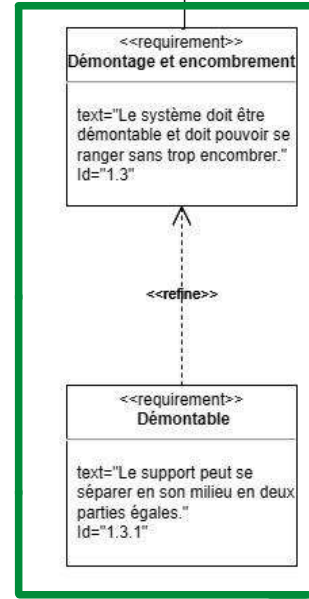
I.



II.



III.





I. Le déplacement vertical





<<requirement>>
Liaison avec le système de traction

text="Une liaison avec le système de traction doit être prévue."
Id="1.1.2"



<<requirement>>
Liaison avec le système de traction

text="Une liaison avec le système de traction doit être prévue."
Id="1.1.2"



<<requirement>>
Solidité du matériau

text="La glissière doit supporter les efforts engendrés par le foil. On utilisera de l'aluminium."
Id="1.1.1"



<<requirement>>
Liaison avec le système de traction

text="Une liaison avec le système de traction doit être prévue."
Id="1.1.2"



<<requirement>>
Stabilité

text="On doit assurer la stabilité du système de traction dans le rail."
Id="1.1.4"



<<requirement>>
Solidité du matériau

text="La glissière doit supporter les efforts engendrés par le foil. On utilisera de l'aluminium."
Id="1.1.1"



<<requirement>>
Liaison avec le système de traction

text="Une liaison avec le système de traction doit être prévue."
Id="1.1.2"



<<requirement>>
Stabilité

text="On doit assurer la stabilité du système de traction dans le rail."
Id="1.1.4"



<<requirement>>
Solidité du matériau

text="La glissière doit supporter les efforts engendrés par le foil. On utilisera de l'aluminium."
Id="1.1.1"



<<requirement>>
Limiter le jeu

text="Il ne doit pas y avoir de jeu entre la glissière et le foil."
Id="1.1.3"





<<requirement>>
Réduire les frottements

text="Les frottements doivent être limités."
Id="1.1.5"







<<requirement>>
Réduire les frottements

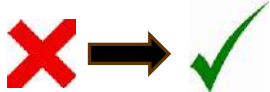
text="Les frottements doivent être limités."
Id="1.1.5"





<<requirement>>
Réduire les frottements

text="Les frottements doivent être limités."
Id="1.1.5"



<<requirement>>
Stabilité

text="On doit assurer la stabilité du système de traction dans le rail."
Id="1.1.4"





**<<requirement>>
Réduire les frottements**

text="Les frottements doivent être limités."
Id="1.1.5"



**<<requirement>>
Stabilité**

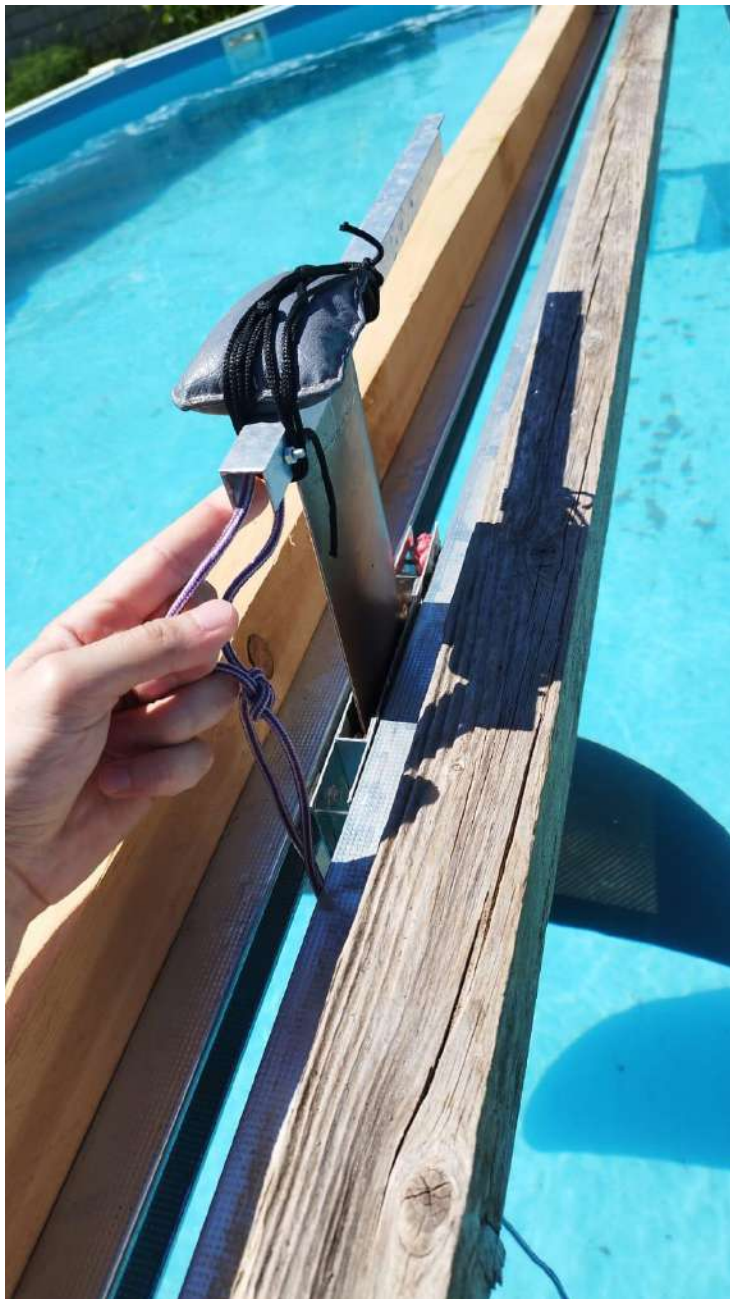
text="On doit assurer la stabilité du système de traction dans le rail."
Id="1.1.4"



**<<requirement>>
Limiter le jeu**

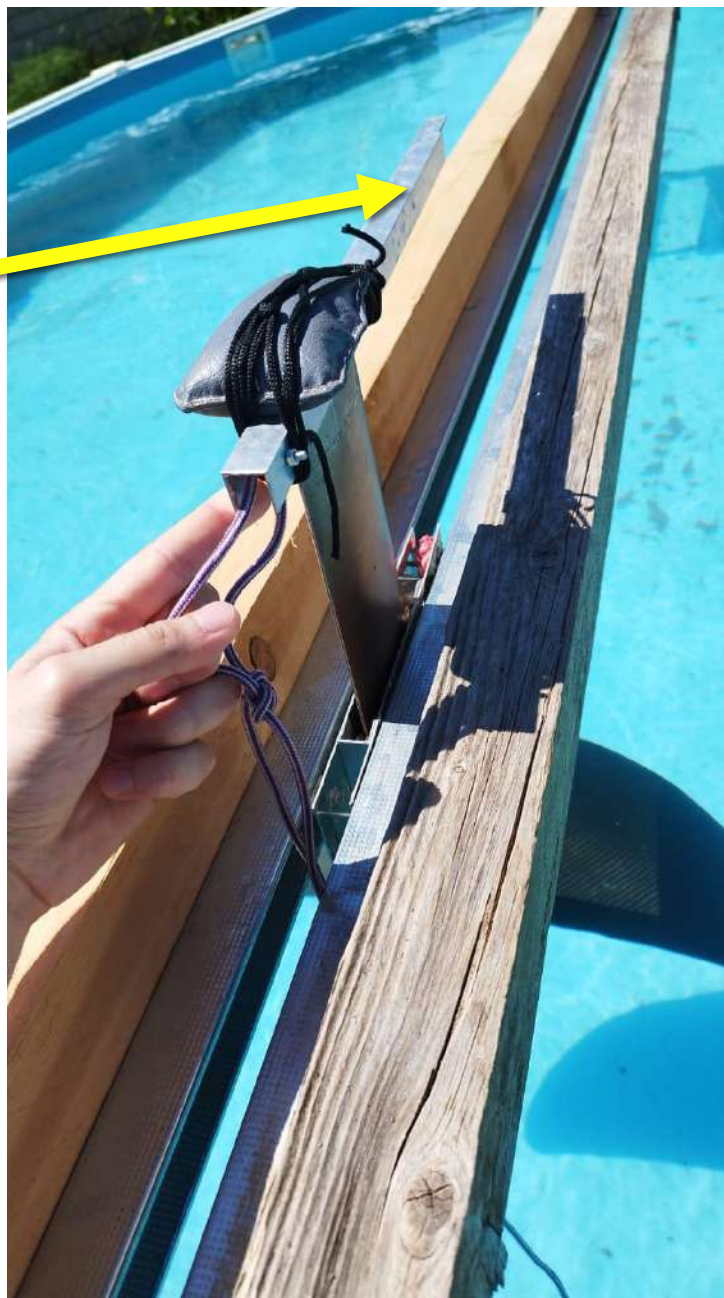
text="Il ne doit pas y avoir de jeu entre la glissière et le foil."
Id="1.1.3"





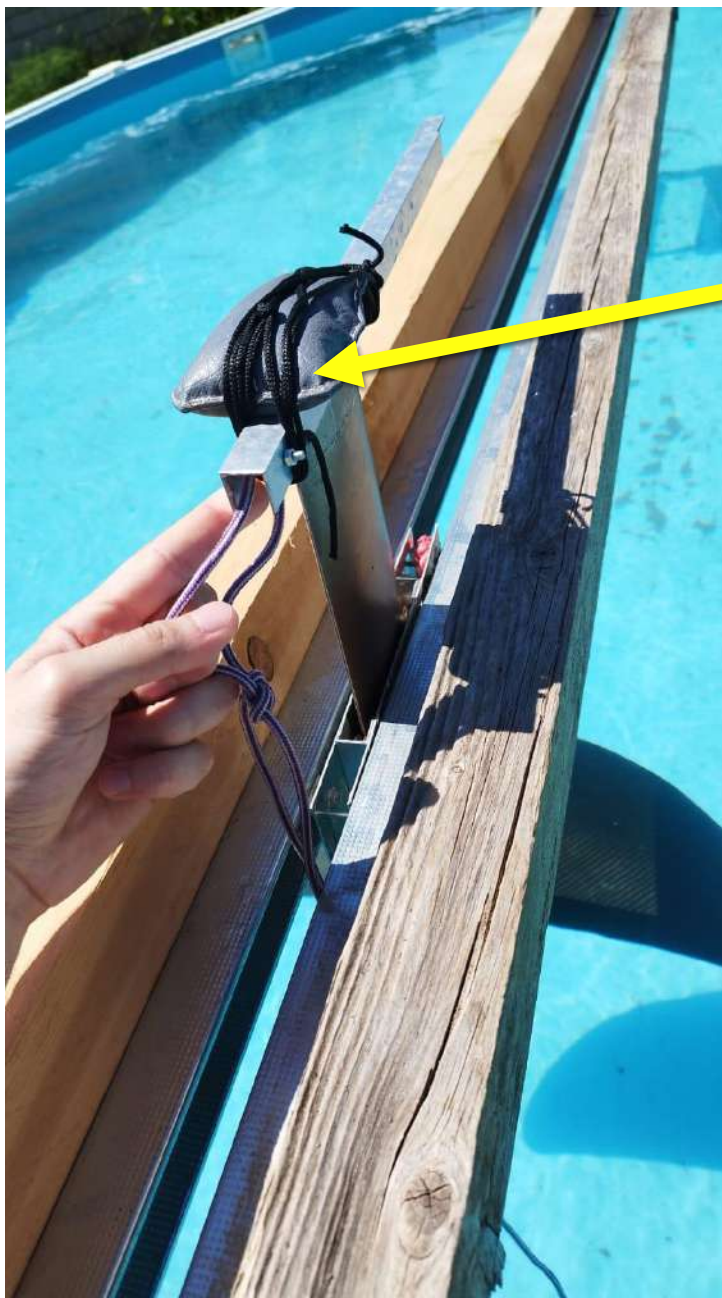
<<requirement>>
Sécurité du foil

text="La glissière doit retenir le foil lorsqu'elle est à l'arrêt afin qu'il ne tombe pas au fond de la piscine."
Id="1.1.7"



<<requirement>>
Sécurité du foil

text="La glissière doit retenir le foil lorsqu'elle est à l'arrêt afin qu'il ne tombe pas au fond de la piscine."
Id="1.1.7"



<<requirement>>
Installation d'une masse

text="L'installation d'une masse sur le foil doit être possible."
Id="1.1.8"



<<requirement>>
Dimensions

text="La glissière doit respecter les dimensions du foil."
Id="1.1.6"



II. Déplacement horizontal

<code><<requirement>></code> Déplacement horizontal
<code>text="La glissière doit pouvoir être tractée sur la longueur de la piscine circulaire hors-sol." Id="1.2"</code>



<<requirement>>
Solidité

text="Le passage du foil ne doit pas déformer le support ."
Id="1.2.2"



<<requirement>>
Solidité

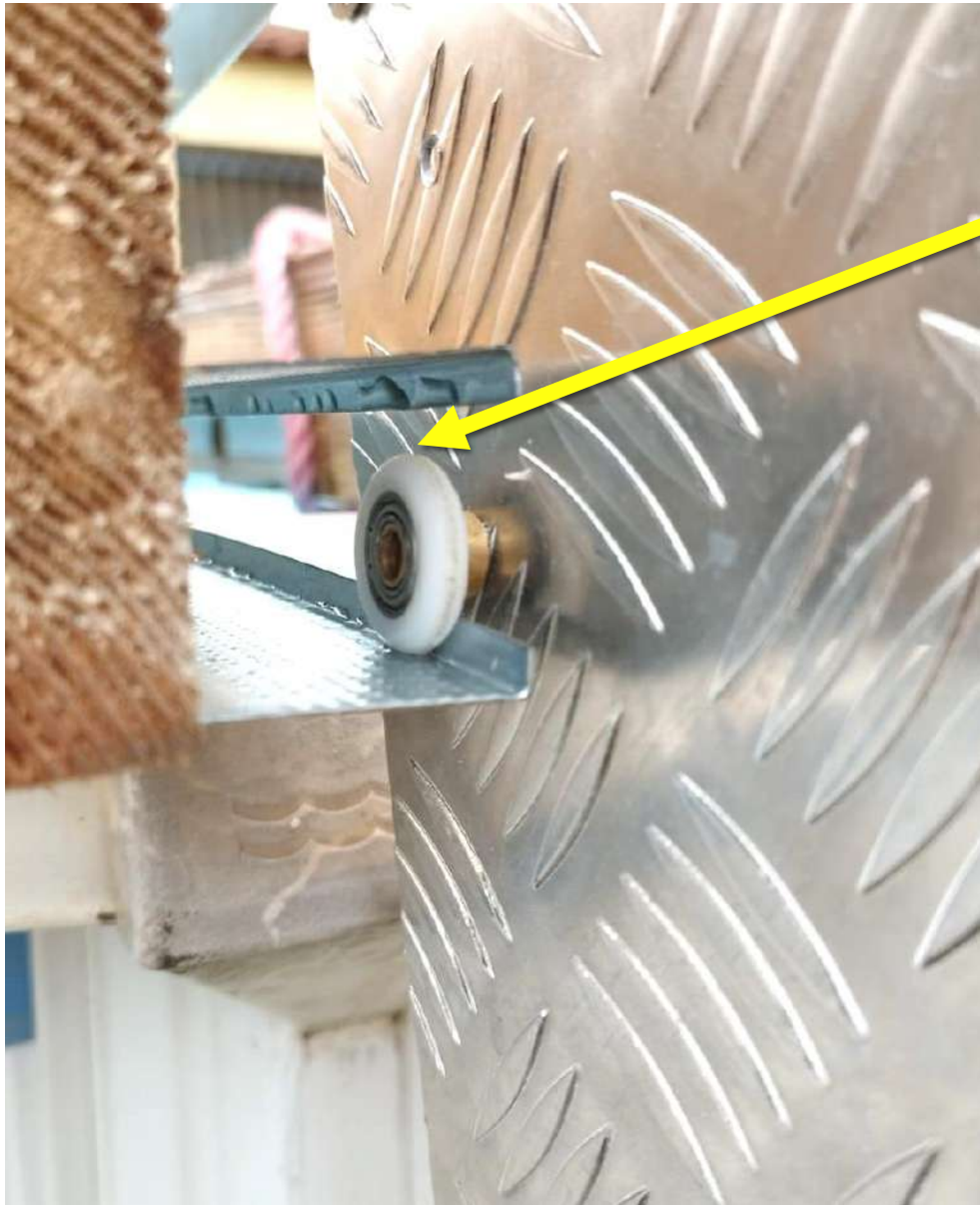
text="Le passage du foil ne doit pas déformer le support ."
Id="1.2.2"



<<requirement>>
Longueur

text="Le système doit être plus long que le diamètre de la piscine, c'est-à-dire plus long que 5.9m."
Id="1.2.1"





<<requirement>>
 limiter le jeu

text="La glissière maintenant le foil ne doit pas subir de jeu dans le rail."
Id="1.2.3"



Objectif :



Résultat :



Objectif :

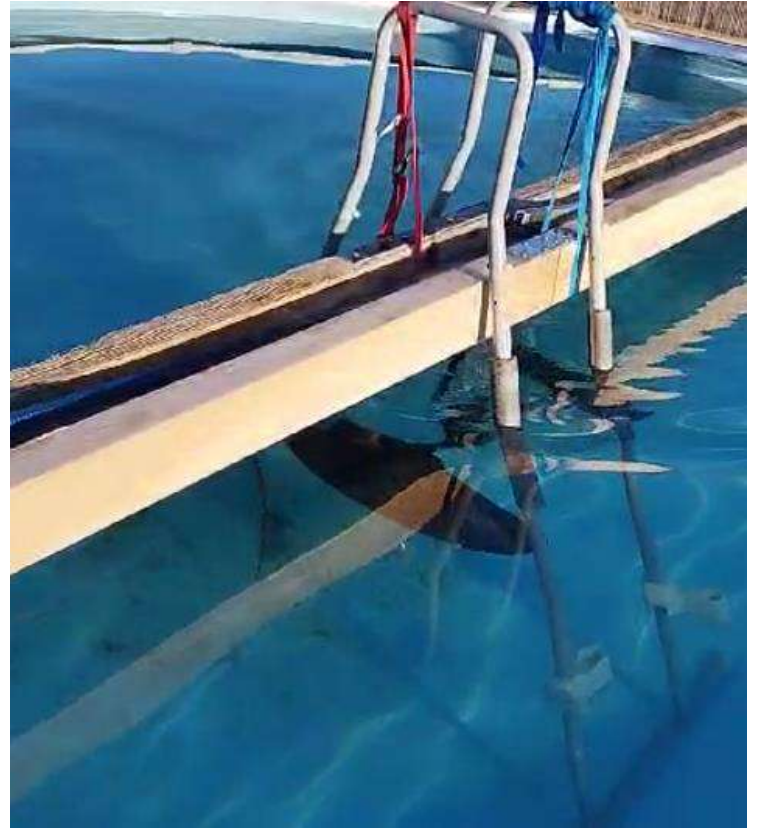
Résultat :

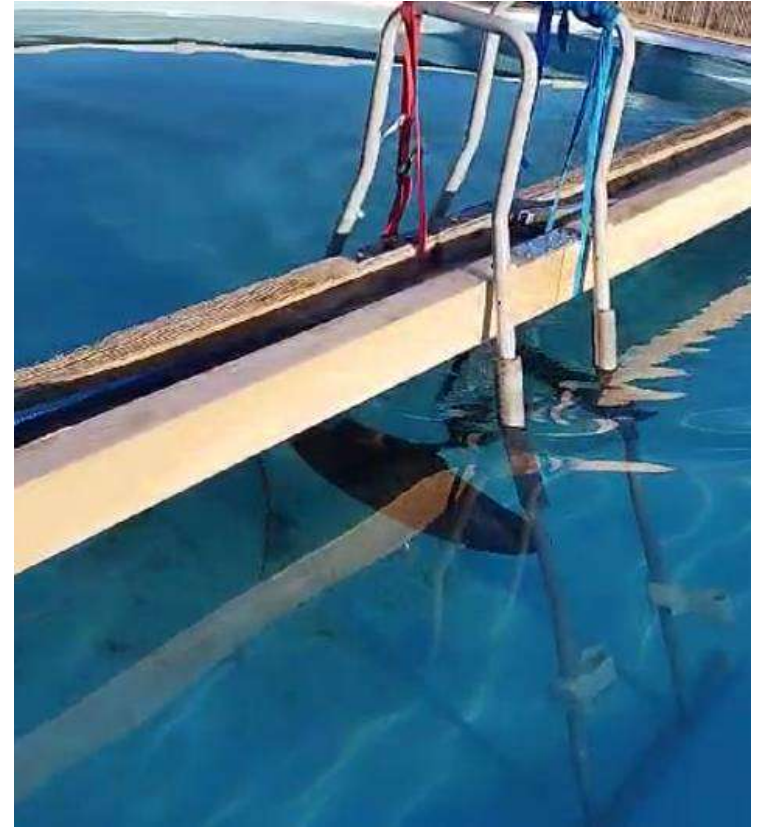


<<requirement>>
 limiter le jeu

text="La glissière maintenant le foil ne doit pas subir de jeu dans le rail."
Id="1.2.3"







<<requirement>>
Frottements

text="Les frottements entre la roue et le rail doivent être limités et il ne doit y avoir aucun blocage ."
Id="1.2.4"



<<requirement>>
Frottements

text="Les frottements entre la roue et le rail doivent être limités et il ne doit y avoir aucun blocage ."
Id="1.2.4"



Contrôle des éclisses (écarts entre deux rails) [5]



III. Démontage et encombrement

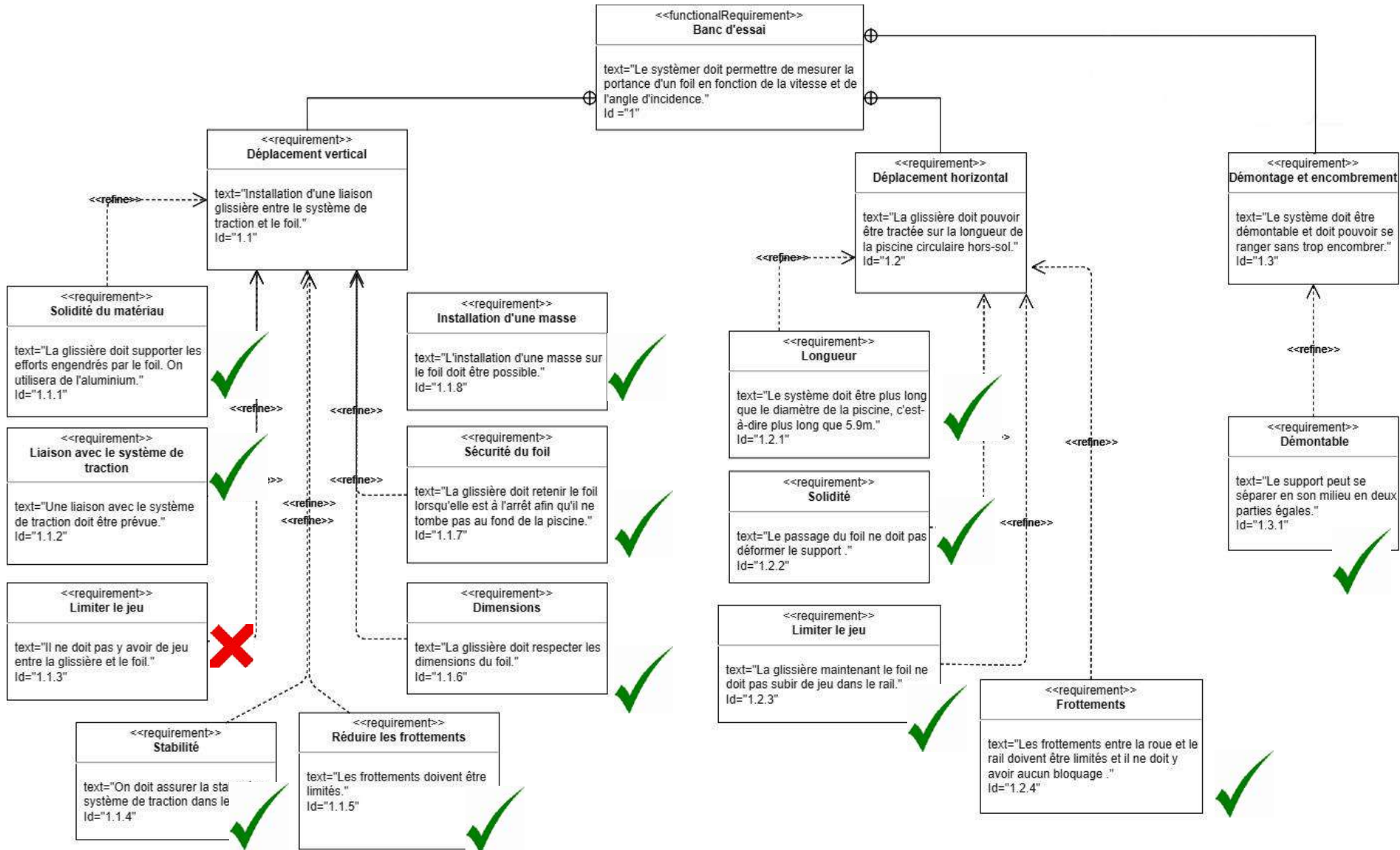
<code><<requirement>></code> Démontage et encombrement
<code>text="Le système doit être démontable et doit pouvoir se ranger sans trop encombrer." id="1.3"</code>

<<requirement>>
Démontable

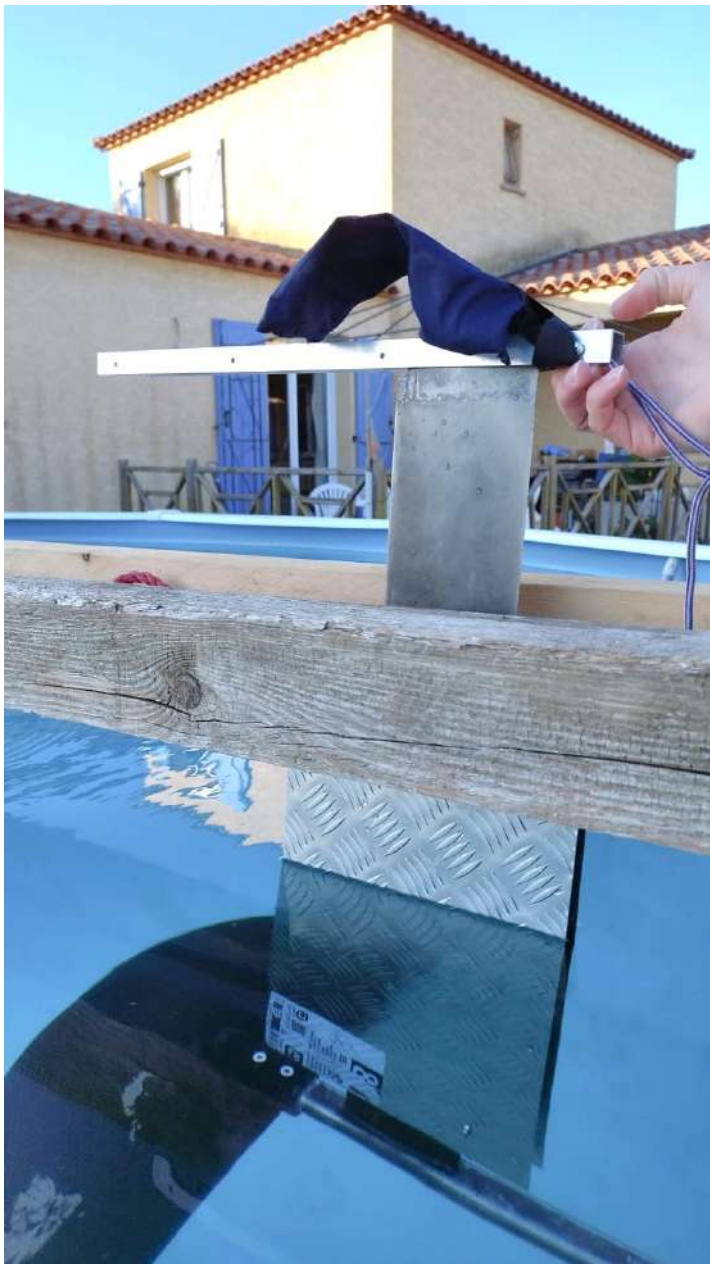
text="Le support peut se
séparer en son milieu en deux
parties égales."
id="1.3.1"



Bilan :



Mesure de la portance à l'aide d'une masse



Mesure de la portance à l'aide d'une masse

Principe :

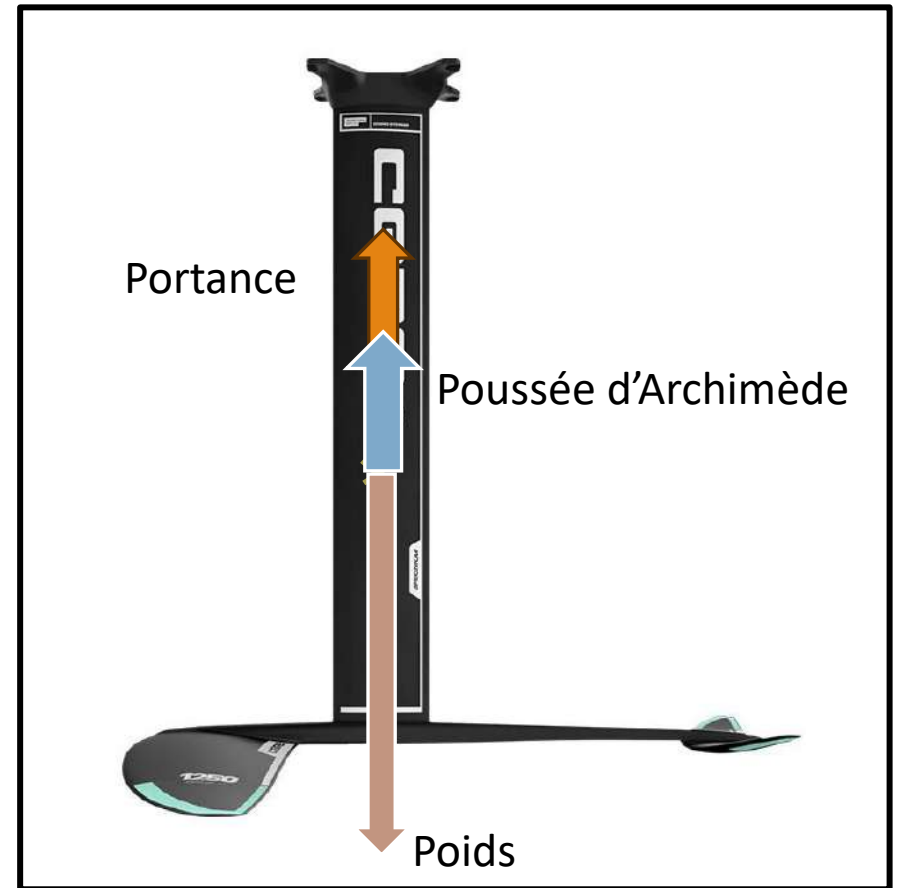


Image de foil [6]



Mesure de la portance à l'aide d'une masse

Objectif de l'expérience : « Trouver la vitesse horizontale à l'équilibre »

A l'équilibre, on a alors :

$$F_{portance} = m_{système} \times g - \rho_{eau} \times V_{déplacé} \times g$$

Mesure du volume d'eau déplacé :



$$V_{\text{déplacé}} = 3.95\text{L}$$
$$= 3.95 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

Mesure de la masse du foil :



$$m_{\text{foil}} = 6.5\text{kg}$$

$$F_{\text{portance}} = m_{\text{système}} \times g - \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{déplacé}} \times g$$
$$\rightarrow \text{Où } m_{\text{système}} = m_{\text{foil}} + m$$














Détermination de la vitesse grâce au logiciel *Tracker*

Tracker

Fichier Édition Vidéo Trajectoires Système de Coordonnées Fenêtre Aide

Foil m 6,500 kg



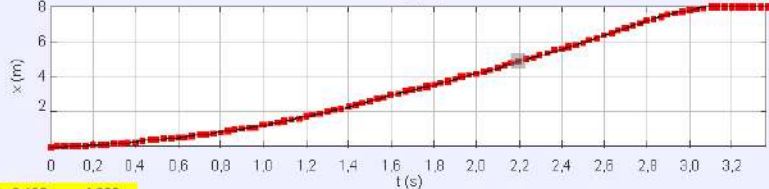
Foil sélectionné (déterminer la masse sur la barre d'outils, maj-clic pour marquer à nouveau la zone mise en évidence)

1029 100%

3.3.5.1.1 - 1ere prise.mp4


Graphe Foil Synchroniser

Foil (t, x)



$t=2,198\text{ s } x=4,880\text{ m}$

Foil (t, vx)



$t=2,198\text{ s } vx=3,587\text{ m/s}$

Tableau de données Foil

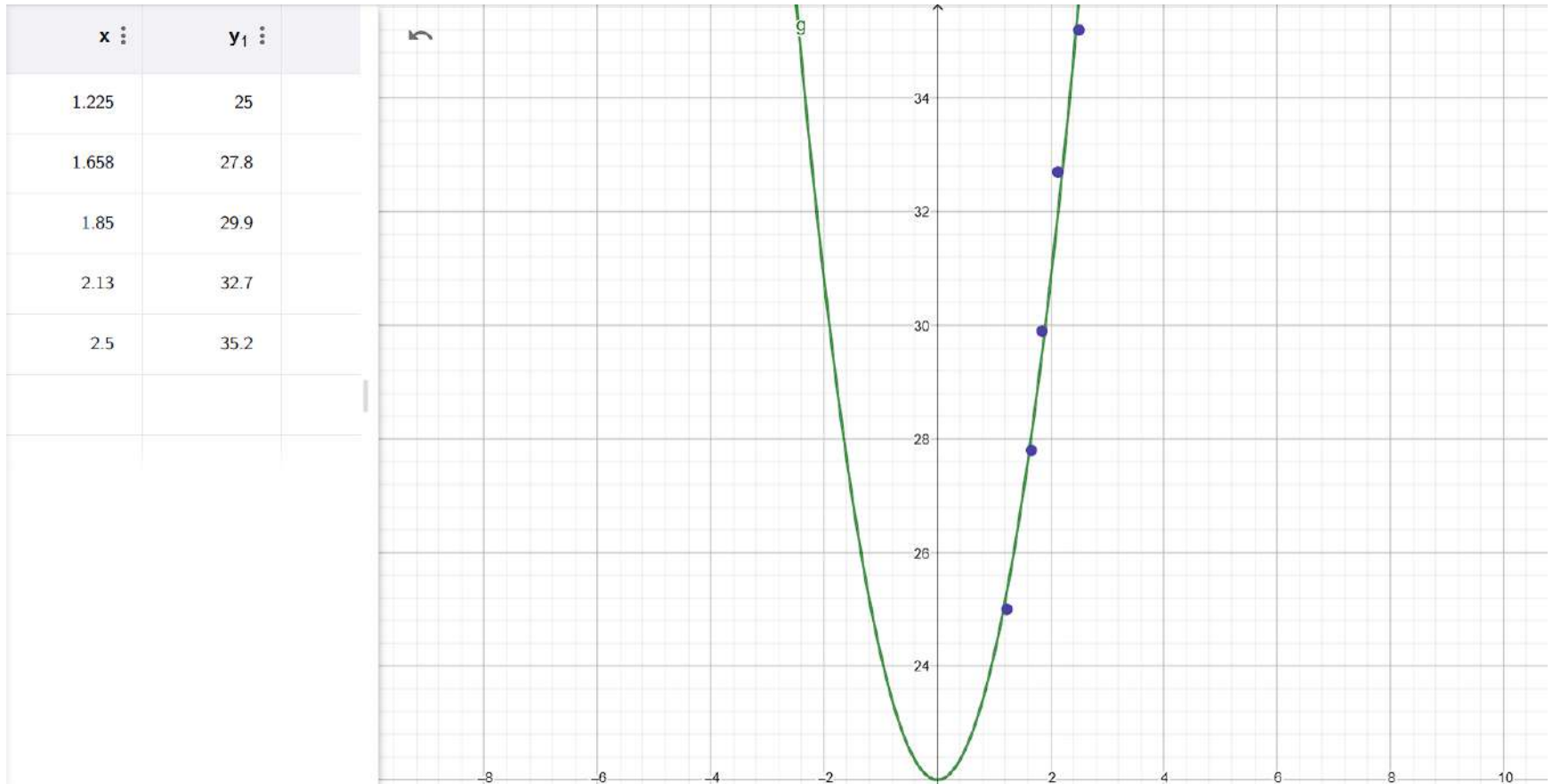
t (s)	x (m)	y (m)
1.765	3.438	-4.059E-2
1.799	3.536	-3.184E-2
1.832	3.643	-4.754E-2
1.865	3.745	-5.929E-2
1.898	3.866	-4.994E-2
1.932	3.993	-5.894E-2
1.965	4.094	-6.630E-2
1.998	4.193	-6.400E-2
2.032	4.292	-6.141E-2
2.065	4.401	-6.473E-2
2.098	4.524	-5.328E-2
2.132	4.645	-5.210E-2
2.165	4.770	-4.065E-2
2.198	4.880	-4.802E-2

Détermination de la vitesse grâce au logiciel *Tracker*

Masse installée (kg) ($m_{\text{système}}$)	Vitesse à l'équilibre (m/s)	Portance à l'équilibre (N)
6,5	1,225	25,0
6,783	1,658	27,8
6,997	1,85	29,9
7,286	2,13	32,7
7,537	2,5	35,2

Avec :
$$F_{\text{portance}} = m_{\text{système}} \times g - \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{déplacé}} \times g$$

Utilisation de *GeoGebra*



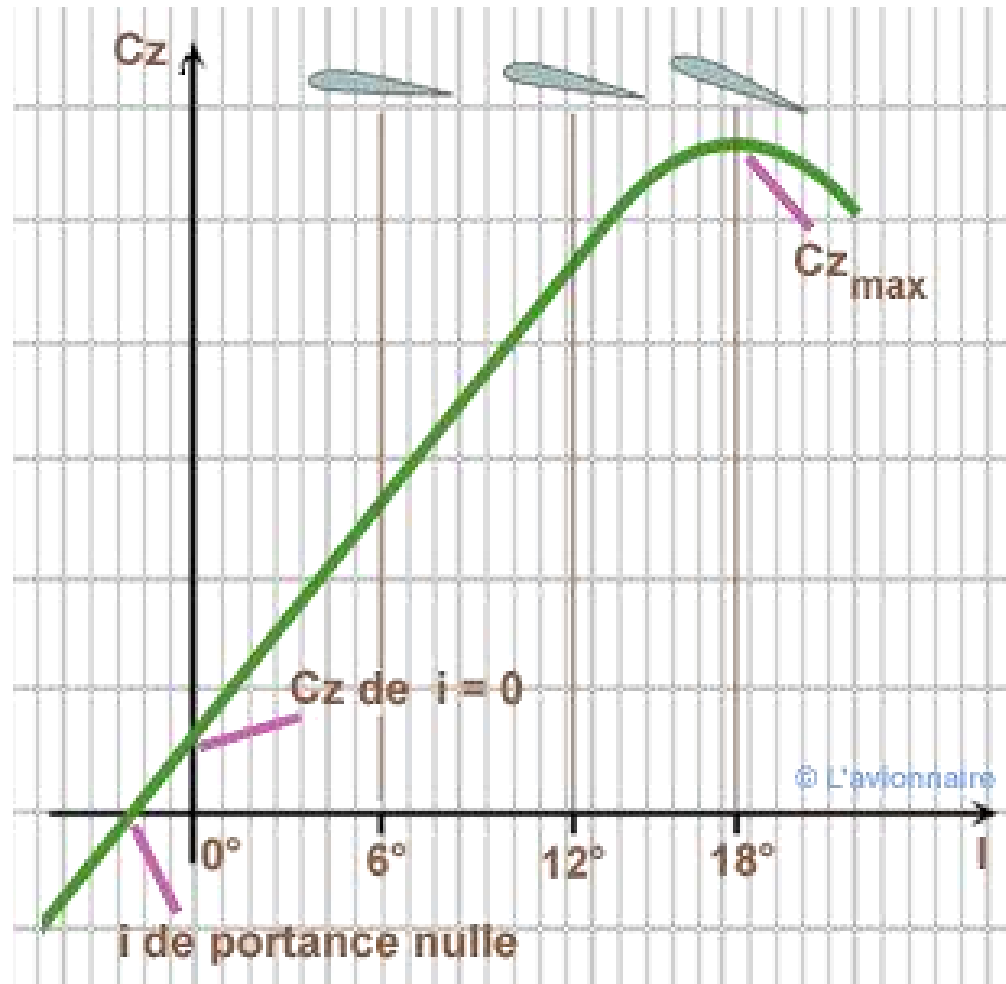
● $g(x) = 22 + 2.2x^2$ Avec $r^2 = 98.27\%$

On a donc Portance = $f(v^2)$

→ On cherche la vitesse de décollages pour différents angles

1. Quels angles choisir ?
2. Comment en déduire la portance ?

Quels angles choisir ?



Mécanique d'aérodynamique [7]

Modifications à apporter au système

$$h = 19.3 \times \tan(\alpha)$$

Angle α	Distance h
8.8°	3.0 cm
17.3°	6.0 cm
21.8°	7.7 cm

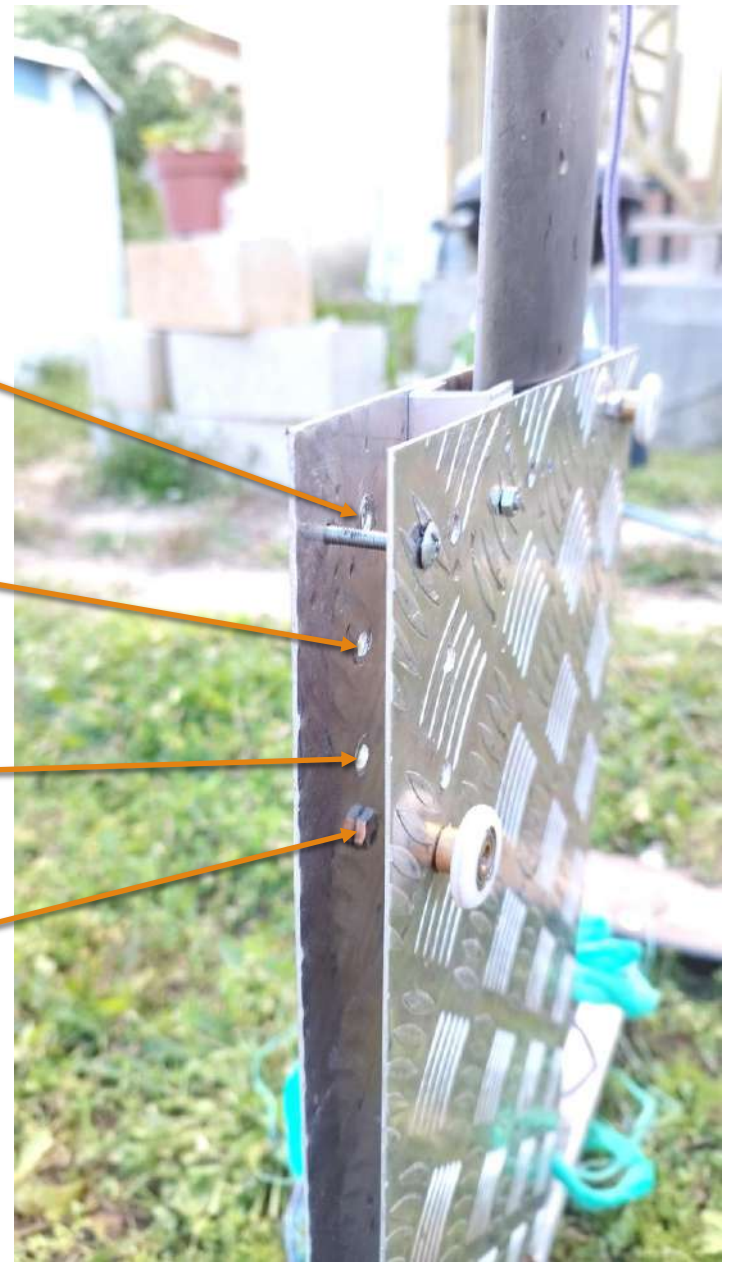


0°

8.8°

17.3°

21.8°



Bilan des forces :

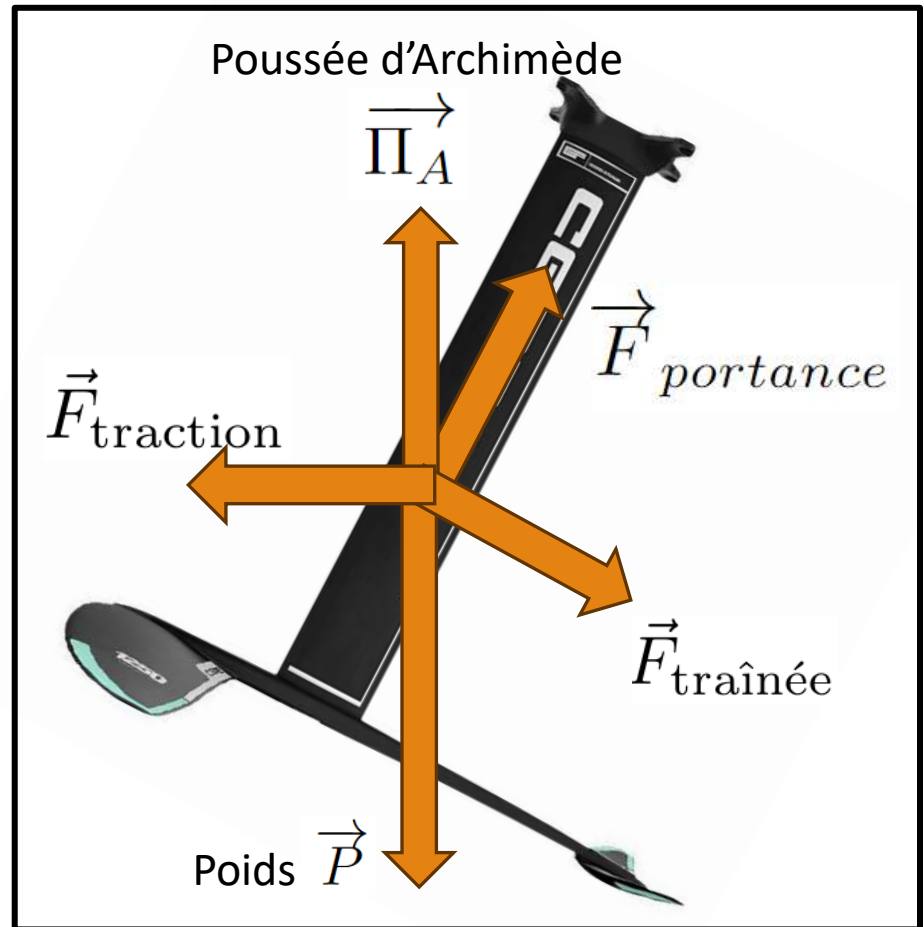


Image de foil [6]

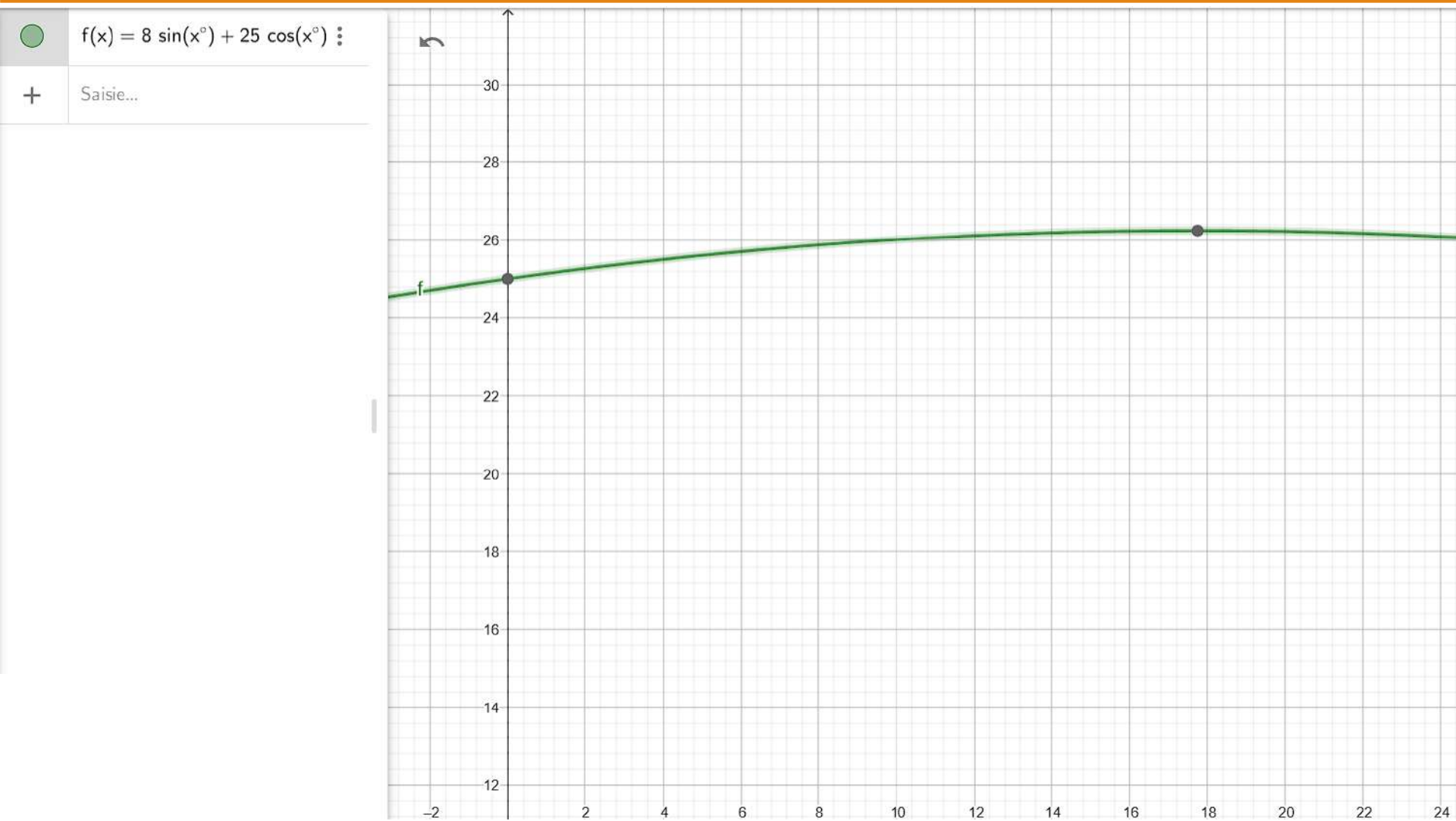
On obtient à l'équilibre (projection) :

$$F_p + (\pi_A - P) \cos(\alpha) - T \sin(\alpha) = 0$$

Angle α (degré)	Vitesse à l'équilibre (m/s) (vitesse de décollage)	Portance à l'équilibre (N)
0	1,225	25,0
8,8	0,55	25,9
17,3	0,46	26,3
21,8	0,40	26,2

Avec :
$$F_p = (P - \pi_A) \cos(\alpha) + T \sin(\alpha)$$

Résultats avec *GeoGebra*



Bilan :

Objectifs initiaux :

1. Création d'un banc d'essai
2. Mesures de l'influence de la vitesse et de l'angle d'incidence sur le système

Bilan des mesures :

- Portance = $f(v^2)$

Conclusion :

1. Plus de mesures pour plus de précision



PRECISION

2. Utiliser différents foils et différents matériaux



3. Connaissance du comportement du foil



Bibliographie

- [1] FlySurf, « *BIEN CHOISIR SON FOIL* », 2023, [lien](#)
- [2] Baptiste Lecras, Juliette Noël, Alexis Clais, Louis Playe, « *Comment un voilier interagit-il avec son environnement ?* », 2017, [lien](#)
- [3] WindMag, « *Le foil fera son entrée comme discipline à part entière sur le PWA World Tour 2019* », 2018, [lien](#)
- [4] Giornale Di Sicilia, « *Palerme, il n'y a pas de place sur l'hydroptère pour Ustica : moments de tension au port* », 2023, [lien](#)
- [5] Le Progrès, « *Saint-Etienne-Lyon : à bord du train spécial qui surveille l'état des voies ferrées* », 2016, [lien](#)
- [6] Image de foil, [lien](#)
- [7] Blog *L'avionnaire*, « *Rappel d'aérodynamique* », 2024, [lien](#)