

Matériels et Méthodes

PSE “Du Carbone à l’Or Olympique”

Alexandre Chargueraud

Loïc Gavaille

Loïc Alemany

1. Rappel des objectifs de l’étude

Au travers de manipulation sur une maquette à échelle 1/15 d’un gréement de planche à voile, nous avons pour objectif de dégager les paramètres optimaux ainsi que les apports du phénomène de pompage par rapport au cas statique. La construction de la maquette fut donc une part prenante de l’étude afin de pouvoir mesurer les forces en jeu en fonction de différents paramètres :

- les angles d’incidence du vent, de position du capteurs et de position moyenne de battements
- la fréquence de pompage
- l’amplitude des battements
- la force du vent

2. Matériels

➤ Mur de vent:

- 25 ventilateurs axial Sunon 12 V c.c., 93m³/h, 120 x 120 x 25mm, 1.9W
- Support en Norcan
- Pièces de plexiglas de jointure entre ventilateurs (découpées à la découpe LASER)
- Générateur à tension variable

➤ Support maquette et système de pompage:

- Support en planche de contreplaqué
- Motoréducteur CC, 728 tr/min, 5-15 V
- Générateur à tension variable
- Disque en plexiglas avec trous espacés permettant d’avoir une distance au centre de rotation variable
- Fil de nylon qui est l’actionneur entre le disque et la voile
- Paille et tiges métalliques en guise de guide pour le fil de nylon
- Plateau mobile angulairement en contreplaqué pour le système < gréement + système de pompage >

➤ Maquette du gréement :

- Pièce support des roulements à billes (imprimée en 3D)
- 2 roulements à billes
- Pièce support du mât et qui rentre dans les roulements à billes (usinée en aluminium)
- Bâton Plexi PMMA coulé de diamètre 3 mm et de 20 cm de long.
- Voile en mylar
- Wishbone en PMMA découpé à la découpe LASER
- Jauge de contrainte placée entre le plateau mobile et la pièce support des roulements sur l’axe de rotation du mât et du plateau mobile
- Pont de Wheatstone

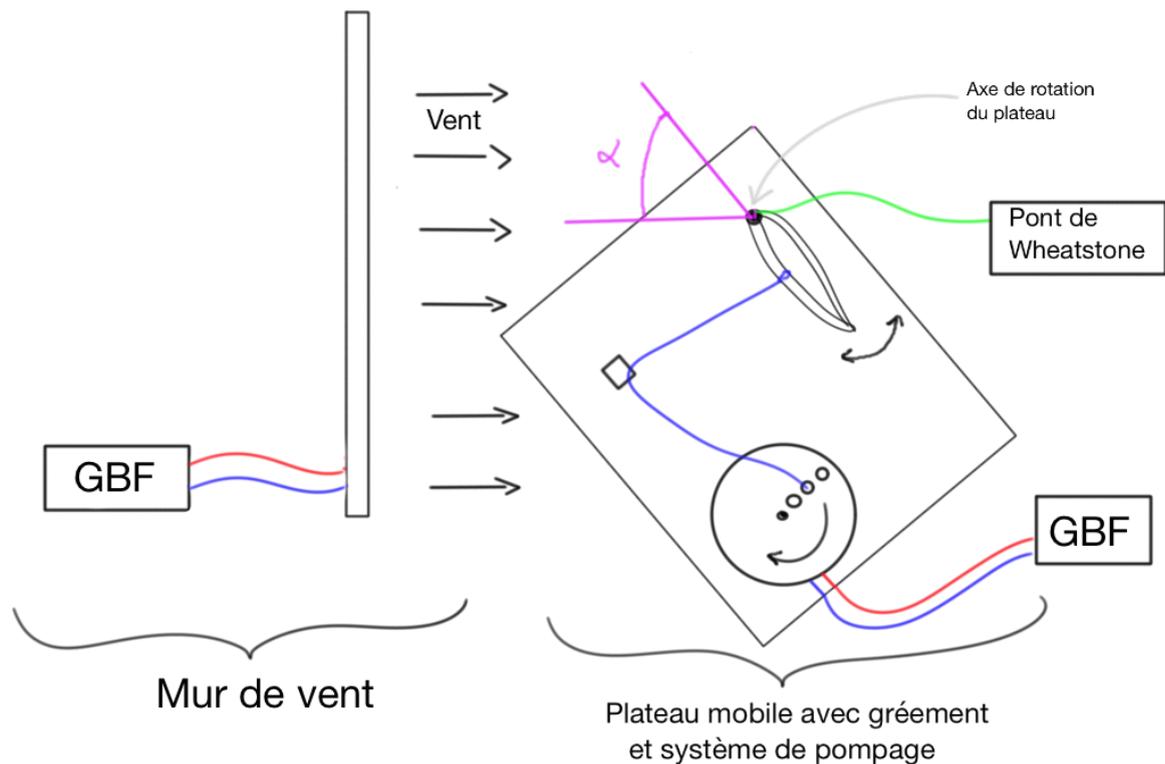


Figure 1 - Schéma de la vue de dessus du montage expérimental

- Traitement des données :
 - Utilisation du logiciel Regressi pour l'étalonnage de la jauge de contrainte
 - Interface Arduino pour l'étude dynamique
 - Utilisation de Matlab pour générer les différents graphes et traiter les signaux Arduino (*Les programmes sont donnés en annexe*)

3. Expériences

Au cours de notre étude, nous avons fait varier différents paramètres afin de voir l'influence de chacun. De fait, nous avons mis en place différentes séries de mesures en faisant varier le paramètre d'intérêt d'un incrément défini. Les paramètres principaux que nous voulions étudier afin de déterminer le pompage optimal sont : la fréquence de pompage, l'amplitude du mouvement, la direction désirée vis-à-vis du vent et enfin l'impact de la force du vent.

Préparation des expériences : Conception du mur de vent

On a pour cela assemblé les 25 ventilateurs à l'aide de supports en Norcan et de pièces découpées au LASER pour fixer les ventilateurs entre eux. On a ensuite réalisé les branchements à l'aide d'une plaque d'essai électronique. Le générateur de tension variable nous permettait alors d'obtenir des vitesses de vent différents. L'anémomètre nous indiquait des vitesses de vent de 0,5 m/s à 3 m/s. La vitesse que l'on va utiliser pour la plupart de nos expériences sera de 1,7 m/s.

Première expérience : Gréement monté sur des rails

La grande problématique à laquelle nous étions confrontés était la mise en mouvement de la voile pour étudier le pompage. En effet, cela nécessitait que le moteur soit toujours à la même distance de la voile afin que notre système pour appliquer le pompage fonctionne. La première idée pour étudier l'efficacité du pompage en fonction des différents paramètres était donc de placer le système < gréement + système de pompage > sur un plateau roulant sur des rails orientés vers la direction de déplacement désirée. Les premiers essais n'étaient pas concluants car le système < gréement + système de pompage > était assez lourd et donc il y avait trop de frottements solides sur les rails. De plus, le moteur faisait osciller l'ensemble à cause de sa rotation. Les forces développées par la voile étaient de l'ordre de 0,06 N. Ce n'était donc pas suffisant pour mesurer une vitesse de déplacement ou une position d'équilibre si on retenait le système à l'aide d'un ressort. Ainsi, il fallait réfléchir à une nouvelle solution.

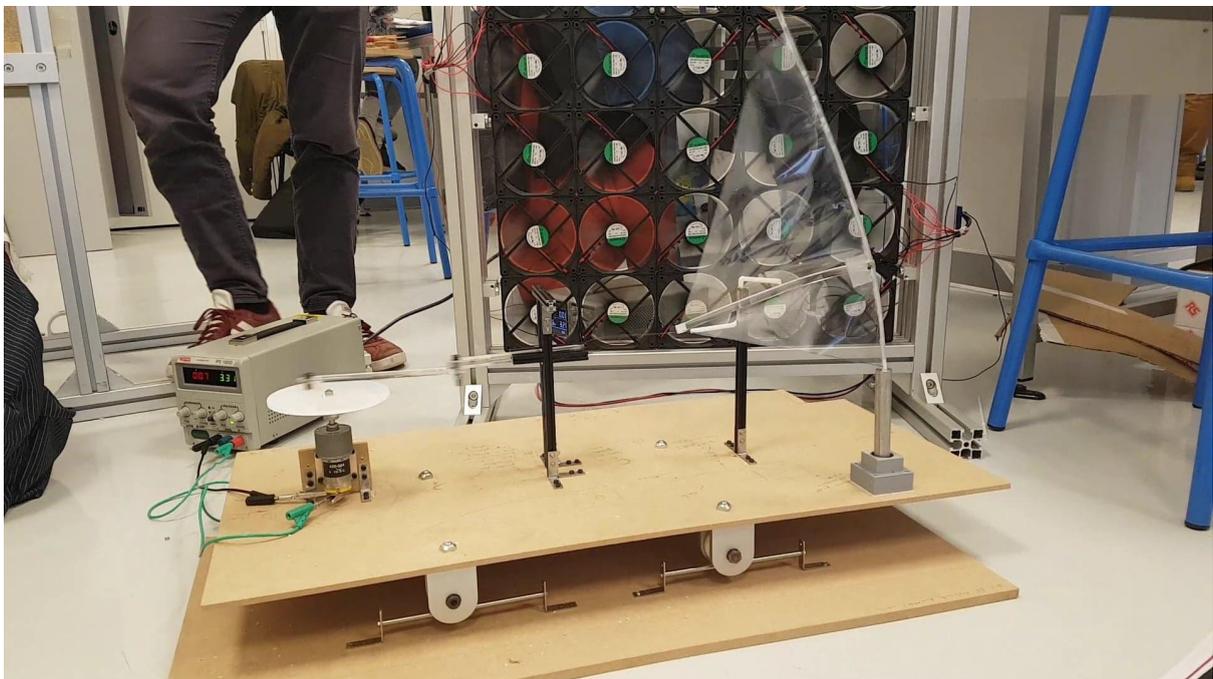


Figure 2 - premier dispositif expérimental : système placé sur des rails

Deuxième expérience : Gréement monté sur une jauge de contrainte

Afin de mesurer des forces très faibles, nous avons donc utilisé une jauge de contrainte placée sous le mât du gréement. Ainsi, le but est de mesurer la force que la voile transmet à la planche par le mât. Le tout était disposé sur un plateau qui pouvait tourner et donc cela nous permettait de faire varier l'angle d'incidence du vent vers la voile.

Les premières mesures sont celles de la force avec une voile statique mais une incidence variable (l'angle α varie de 0° à 90° qui sont les angles les plus rencontrés pour une voile en pratique). La force est mesurée grâce au pont de Wheatstone qui est relié à la jauge de contrainte. On mesure en fait la différence de valeur indiquée par le pont entre les états "sans vent" et "avec vent". La force est alors proportionnelle à la différence mesurée. Le coefficient de proportionnalité est déterminé à l'aide

d'une régression linéaire en suspendant plusieurs masses connues et reliées à la jauge de contrainte. Dans le cas statique, on a mesuré finalement la portance (force dans le sens du déplacement désiré) et la trainée (force perpendiculaire au déplacement désiré) en tournant la jauge de contrainte sous le mât.

On a réalisé des mesures similaires avec des angles de voile vis-à-vis de la direction désirée, et donc de l'orientation du capteur, différents.

Pour mesurer les forces en phase de pompage, c'est-à-dire avec une voile dynamique, le pont de Wheatstone ne suffisait plus car il était impossible de lire les valeurs proprement. On a donc utilisé une acquisition à l'aide d'une carte arduino reliée au pont de Wheatstone. Le signal obtenu prenait la forme d'une sinusoïde. Il fallait donc en tirer la valeur moyenne afin de la comparer à la valeur en statique afin de voir avec quels paramètres le pompage apportait un intérêt réel au planchiste.

On a donc fait varier les paramètres de la manière suivante:

- Pour une vitesse de vent de 1,7 m/s, on a fait varier l'amplitude du mouvement (2 amplitudes différentes) et tester les incidences de 0 à 90°.
- Pour une vitesse de vent de 1,7 m/s, on a fait varier la fréquence de pompage (3 fréquences différentes) et tester les incidences de 0 à 90°.
- Pour une vitesse de vent de 1,7 m/s, on a fait varier l'angle moyen de la voile vis-à-vis de la direction de déplacement souhaité et tester 3 incidences à 2 amplitudes différentes et 2 fréquences différentes.
- Pour finir, on a mesuré pour 3 vitesses de vent différentes, 3 incidences, 2 fréquences et 1 amplitude la force développée par le voile.

Voici ci-dessous le dispositif expérimental et les graphes les plus intéressants:

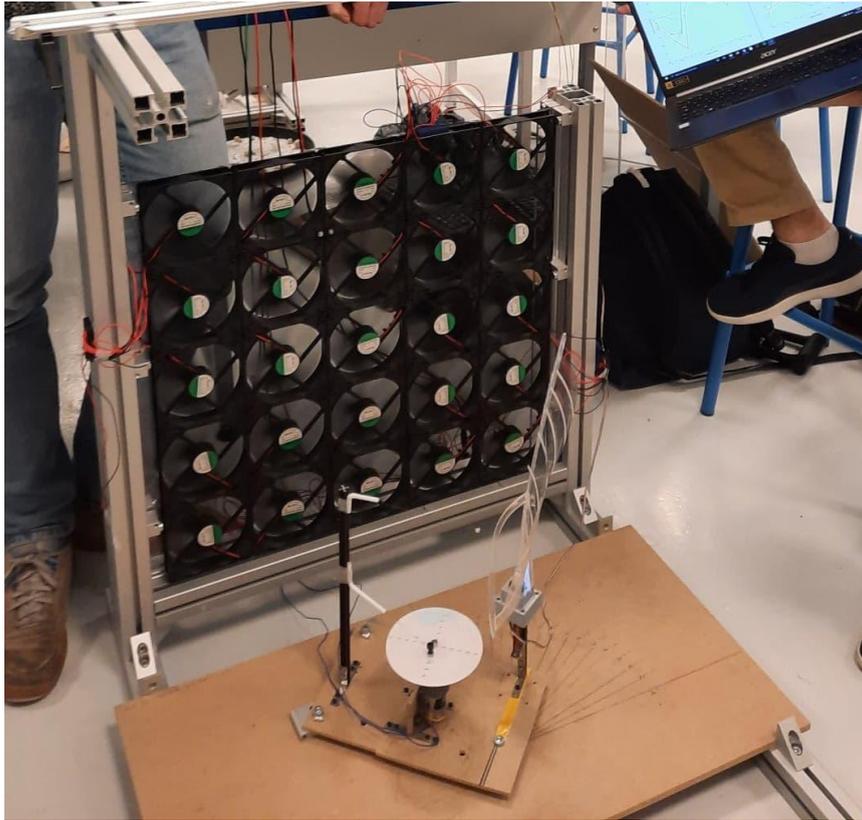


Figure 3 - deuxième dispositif expérimental : grément placé sur une jauge de contrainte

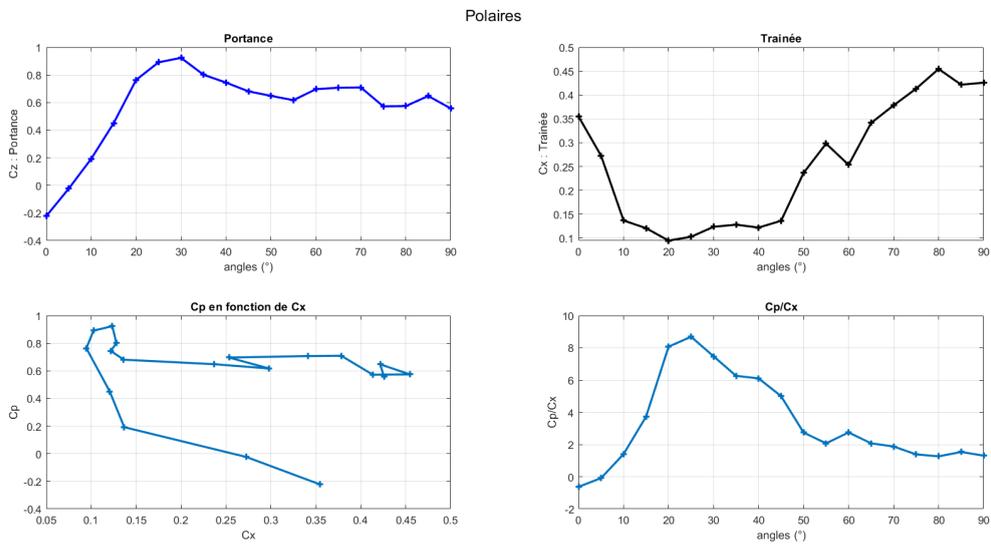


Figure 4 - Polaires pour la voile en conditions statiques (L'axe des abscisses correspond à l'angle α du schéma Figure 1)

Interprétation : L'étude du cas statique nous indique que certains angles sont à privilégier par les planchistes afin de maximiser la portance et minimiser la traînée. Ces angles se trouvent entre 15 et 35°. Ces résultats sont cohérents avec ce qu'il se fait en pratique chez les planchistes.

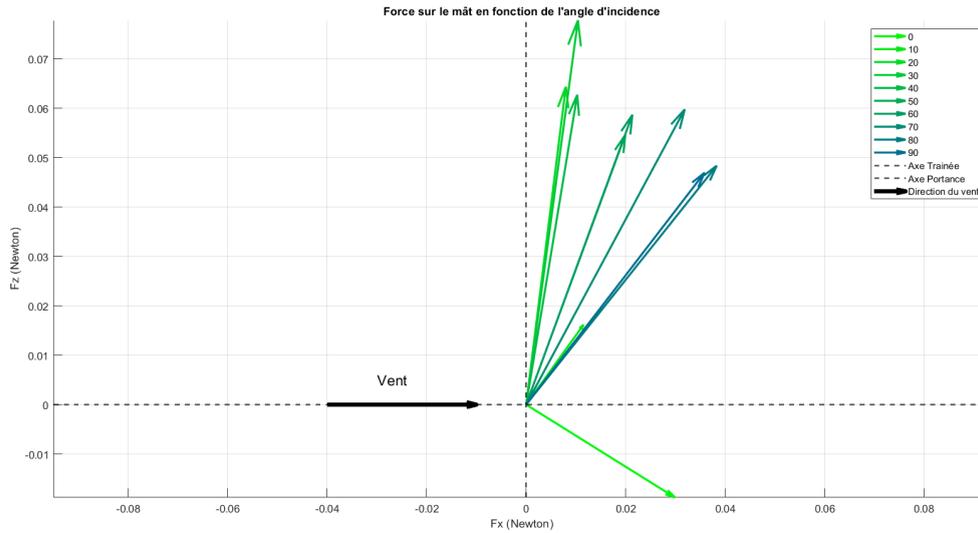


Figure 5 - Forces appliquées sur le mât en fonction de l'angle d'incidence.

Interprétation : Représentation différente des résultats obtenus à la figure 4.

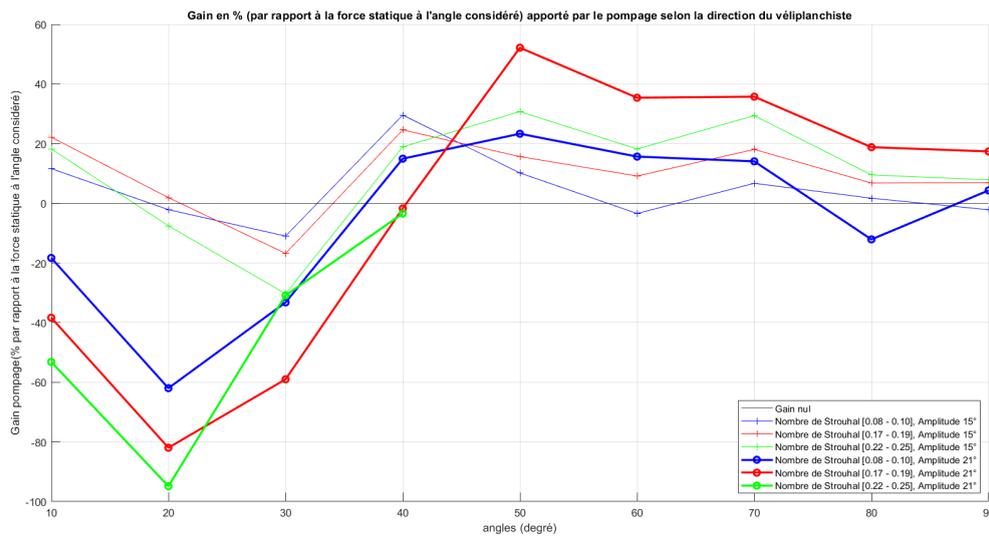


Figure 6 - Gain en pourcentage fourni par le pompage en fonction de l'angle d'incidence, de l'amplitude de battement et de la fréquence de pompage.

Interprétation : Ce graphe est le centre de notre étude. Il résume les résultats obtenus pour l'étude du pompage. On a comparé les forces développées en situation de pompage avec les situations semblables en conditions statiques. On observe donc que le pompage n'est favorable qu'à des angles d'incidences supérieurs à 40° . En dessous, le pompage n'apporte pas d'effets bénéfiques comparés au statique. Augmenter l'amplitude revient à augmenter les effets du pompage, que ce soit les effets positifs ($\alpha > 40^\circ$) ou négatifs ($\alpha < 40^\circ$). Pour la fréquence, 2 et 3 Hz semblent être des fréquences d'excitation bénéfiques. En nombre de Strouhal qui est une fréquence réduite, cela revient à des nombre de Strouhal entre 0,17 et 0,25. En fréquence réelle ie à l'échelle réelle, cela équivaut à des fréquences d'excitation entre 0,7 et 1 Hz.