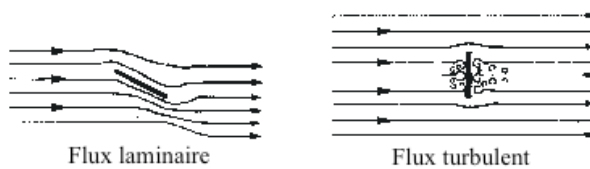


# Le Fonctionnement de la planche

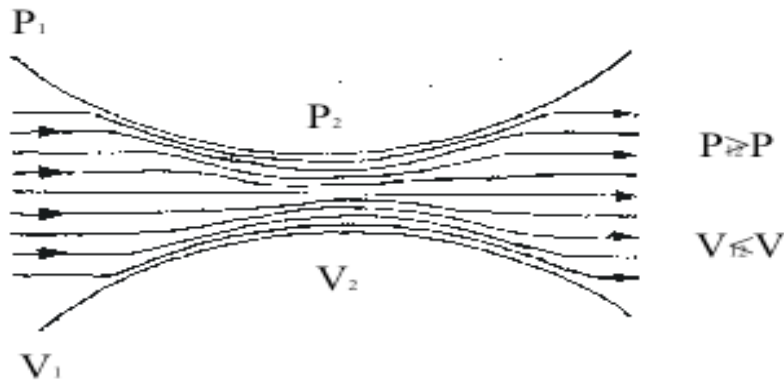
## *Dynamique des fluides*

La planche interagit avec deux fluides différents : l'air et l'eau. Ces interactions relèvent de la dynamique et de la statique des fluides. Il est donc nécessaire pour bien comprendre comment avance une planche à voile de voir quelques notions de base de ce domaine de la physique.

Les différents écoulements d'un fluide : A très basse vitesse, l'écoulement d'un fluide autour d'un objet est régulier et la vitesse est constante en un point donné de l'espace. L'écoulement est dit laminaire. A plus grande vitesse et sur un objet ayant une mauvaise pénétration dans l'air, l'écoulement est irrégulier et variable, dit turbulent. Un écoulement laminaire génère une traînée presque nulle, contrairement à un régime turbulent.

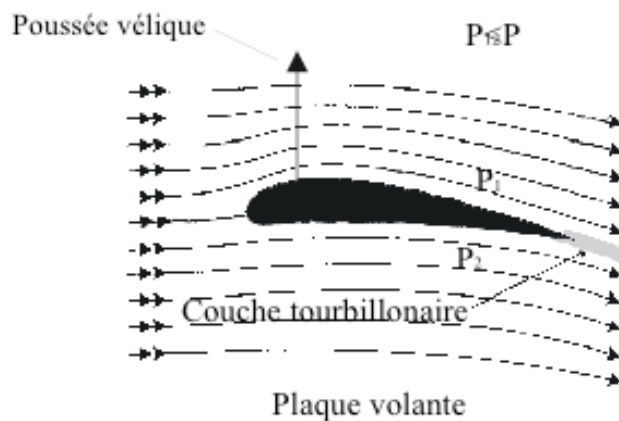


**Effet Venturi** : A des vitesses peu élevées, un fluide est incompressible. Si un fluide en mouvement rencontre un étranglement, sa vitesse augmente afin de garder le même débit avant, pendant et après l'étranglement. Si ce fluide en mouvement doit contourner un objet et que le régime reste laminaire au contact de l'objet, le même processus a lieu. Sur un schéma représentant l'évolution du flux, un rapprochement des lignes de courant signifie une accélération du flux. La pression exercée sur un objet dans un fluide est le résultat des chocs des particules du fluide contre les parois de cet objet. Ainsi, si la vitesse du fluide augmente, les chocs des particules contre les parois seront moins fréquents, ayant pour conséquence une baisse de pression sur l'objet. Au contraire, si la vitesse diminue, la pression sur l'objet s'élève.



Effet Venturi

**Portance :** Une plaque profilée ou volante est une plaque dont on a étudié le profil pour qu'elle génère une portance, aussi appelée poussée vélique. Par exemple : l'aile d'un avion, une voile de parapente, de voilier ou de planche à voile. Sur une plaque profilée, le chemin que le fluide doit parcourir sur l'extrados est plus long que sur l'intrados. En supposant que la vitesse reste constante, cette différence de longueur aurait pour conséquence une variation du débit entre l'extrados et l'intrados. Mais ceci n'étant pas possible, la vitesse du fluide augmente sur l'extrados et diminue parfois sur l'intrados, ce qui crée une dépression sur l'extrados et une surpression sur l'intrados. Nous obtenons ainsi une force résultante dirigée vers le haut : c'est la poussée vélique. L'écoulement du fluide à basse vitesse ne génère pas beaucoup de portance car le fluide peut rapidement entourer le bord de fuite et ainsi compenser la différence de longueur. Si la vitesse du flux est plus importante, le fluide ne pourra plus compenser cette différence de cette manière. Il se crée une portance. Derrière une voile ou une aile se crée une couche tourbillonnaire générant une traînée. Ce qu'il faut aussi savoir, c'est que la portance est directement proportionnelle à la surface de la plaque profilée.



## **Forces aérodynamiques**

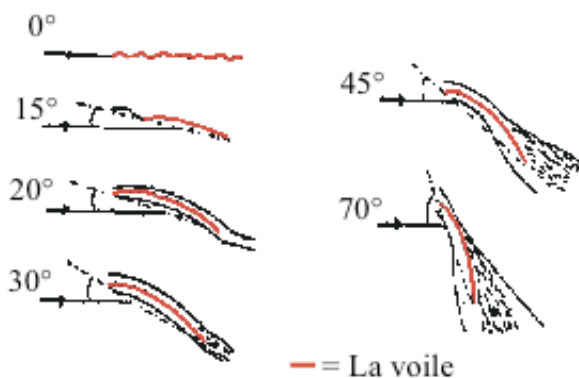
Comme vous l'aurez sûrement déjà compris, une voile de planche à voile fonctionne de la même façon qu'une aile d'avion. La force aérodynamique que la voile crée s'exerce sur le centre de poussée vélique et perpendiculairement à celui-ci. Ce centre de poussée vélique se situe, pour la planche à voile, un peu plus bas que le centre géométrique de la voile. En réalité, la portance s'exerce sur toute la voile, mais afin de simplifier les schémas, nous ne considérons que la résultante.

Angle voile-vent: L'angle voile-vent doit se situer environ entre 10 et 20° pour que le rendement soit optimal. En dessous de 10°, la voile ne crée pas assez de portance ; on dit

qu'elle fasse. Au-dessus de  $20^\circ$ , la voile tire beaucoup dans les bras, mais ne produit pas une grande portance. Au-dessus de  $30^\circ$ , les filets d'air décrochent de l'extrados et la voile ne peut donc plus générer de force aérodynamique.



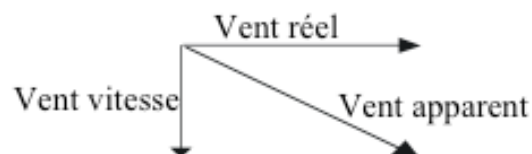
La portance est répartie Seule la résultante est considérée



Comportement du flux en fonction de l'angle vent-voile

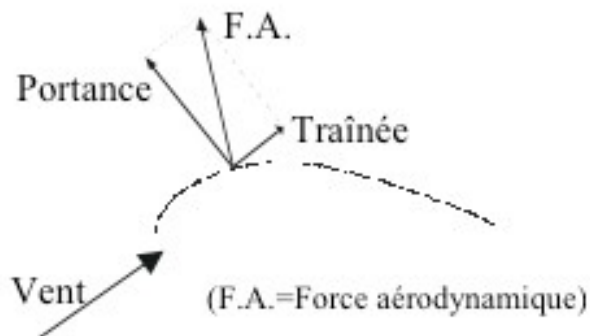
### Vent réel, vent apparent :

En planche à voile, on navigue le plus souvent par vent de travers (on avance perpendiculairement au vent). On peut alors se demander comment la force aérodynamique peut se créer si le vent arrive perpendiculairement à la voile et qu'il ne peut pas s'écouler des deux côtés de celle-ci. La réponse est que la voile, une fois qu'on avance, ne réagit plus seulement avec le vent réel, mais aussi avec le vent créé par notre vitesse. Quand on additionne ces deux vents, ça nous donne un troisième vent : le vent apparent (ou vent relatif), celui que nous ressentons en navigation. La voile ne doit donc pas former un angle de  $10$  à  $20^\circ$  avec le vent réel, mais avec le vent apparent.

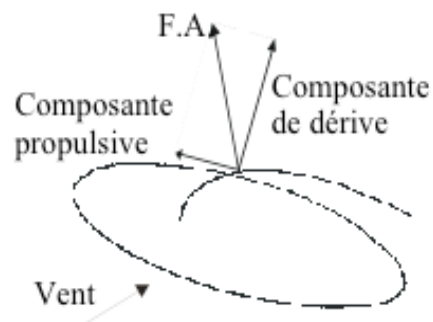


### Portance et traînée :

La force aérodynamique que la voile produit peut se décomposer en deux forces perpendiculaires : la portance et la traînée. La traînée est la conséquence directe des frottements de l'air sur la voile. Cette force freine la planche de par sa direction opposée à l'avancement.

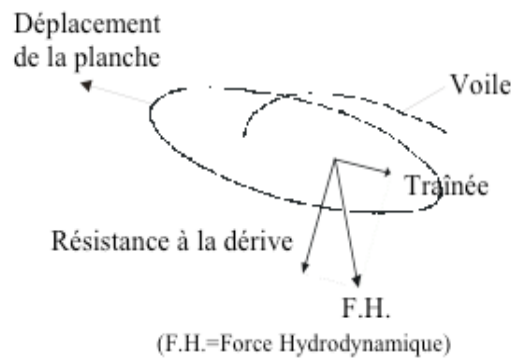


Composante propulsive, composante de dérive : La force aérodynamique se sépare aussi en deux autres forces : la composante propulsive et la composante de dérive. La composante propulsive est la force qui fait avancer la planche et la composante de dérive est la force, qui, comme son nom l'indique, fait dériver la planche. C'est à dire qu'elle la pousse dans la même direction que le vent.



### **Forces hydrodynamiques et hydrostatiques**

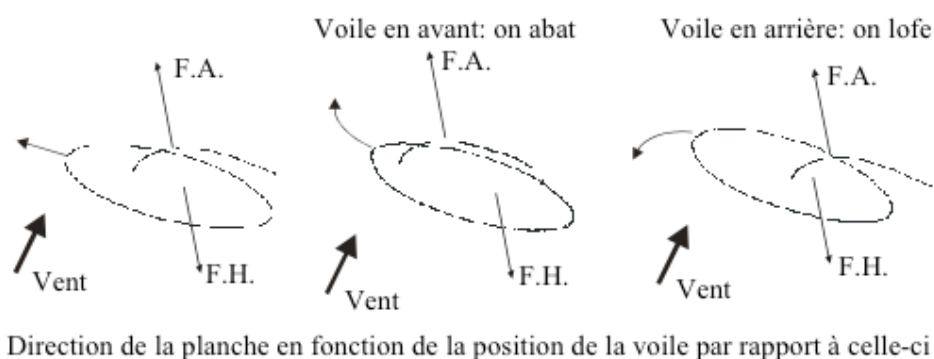
L'eau intervient sur deux plans différents : Vertical et horizontal (les plans représentent les éléments de la planche et non les forces qui y sont perpendiculaires).



**Plan vertical** : Quand une planche à voile avance, l'aileron (ainsi que la dérive si la planche en possède une) est plongé dans l'eau. Le fait que l'eau s'écoule des deux côtés de l'aileron, avec une vitesse qui peut être assez importante, crée une portance, aussi appelée résistance à la dérive, et donc aussi une traînée. La portance est en fait une résistance contre la composante de dérive de la force aérodynamique. Nous voyons donc ici que l'utilité première de l'aileron (et de la dérive) est de limiter le déplacement latéral de la planche. L'addition de la portance et de la traînée de l'aileron nous donne la force hydrodynamique. Si celle-ci n'est pas dans le même axe que la force aérodynamique ou autrement dit si le centre de la poussée vélique n'est pas à peu près à la verticale de celui de la résistance à la dérive, il se crée un couple de rotation qui fait tourner la planche à voile. Si le planchiste met sa voile en avant, le centre de la poussée vélique se retrouvera en avant de celui de la résistance à la dérive et la planche va tourner sous le vent. Au contraire, s'il penche sa voile en arrière, il tournera contre le vent.

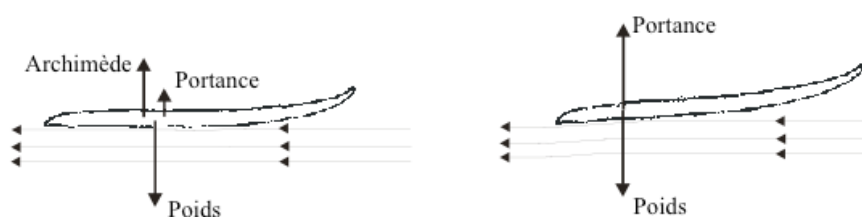
**Plan horizontal** : Le plan horizontal étant le flotteur, nous pouvons tout de suite penser que nous aurons à faire à la statique des fluides. En effet, lorsqu'on parle d'un objet qui flotte, on a à faire à Archimède.

Archimède intervient tout seul quand la planche est arrêtée. Dans ce cas de figure, pour savoir si notre planche va flotter, il faut que la force d'Archimède soit au moins égale au poids. Si c'est le contraire, on risque très fortement de prendre un bain de pieds et d'avoir pas mal de peine à partir. Pour calculer le volume minimum que doit faire notre planche pour qu'elle flotte, on ajoute quinze kilos à notre poids et ça nous donne directement le volume de la planche en litres, quinze kilos étant à peu près le poids du matériel (planche et gréement). Ce petit calcul est utile lorsque le vent est peu violent, mais par vent fort, bien des planchistes expérimentés préféreront prendre une plus petite planche, même si elle coule lorsqu'on monte dessus, pour que le vent ait le moins de prise possible sur la planche afin de garder le maximum de contrôle.



Direction de la planche en fonction de la position de la voile par rapport à celle-ci

Lorsque la planche avance, une autre force entre en jeu : Il s'agit d'une force hydrodynamique. En effet, quand un fluide en mouvement rencontre un plan, il transmet une force perpendiculaire à celui-ci, quel que soit l'angle entre les lignes de courant et le plan. Il s'agit à nouveau d'une portance. Plus la planche va vite, plus la portance est importante. Au fur à mesure que la portance augmente, la poussée d'Archimède diminue, la somme de la portance et de la force d'Archimède étant égale au poids. A partir d'une certaine vitesse, la force de portance est égale au poids (dès de ce moment, la force d'Archimède est nulle), ce qui a pour effet de ne plus vraiment faire flotter la planche, car celle-ci plane désormais à la surface de l'eau. On appelle ce phénomène le planing. Au planing, la surface mouillée de la planche est fortement réduite, ce qui diminue sensiblement les frottements avec l'eau, permettant ainsi une vitesse nettement supérieure.



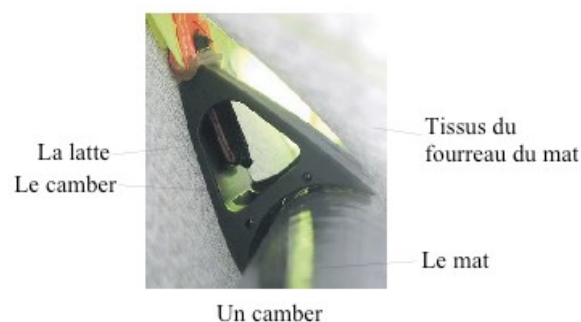
Navigation "lente": Archimède+portance=poids

Planing: portance=poids

Explication de divers phénomènes et de l'utilité de divers éléments de la planche à voile  
 Phénomènes : -Le spin-out : le spin-out survient le plus souvent lorsqu'on met trop de poids sur le pied arrière quand on navigue au planing. A ce moment là, la dépression contre l'aileron, déjà présente à cause de l'écoulement de l'eau, augmente. Si celle-ci dépasse la pression de vapeur (pression à laquelle un liquide devient gazeux pour une certaine température), il se crée subitement une bulle de gaz autour de l'aileron. Ce phénomène s'appelle la cavitation. A ce moment-là, l'aileron décroche et l'arrière de la planche part subitement sous le vent ; la planche avance de côté. Pour que le spin-out s'arrête, il faut retirer d'un coup sec la planche vers soi, enlevant ainsi la bulle de gaz.

## Rôle de certains appendices :

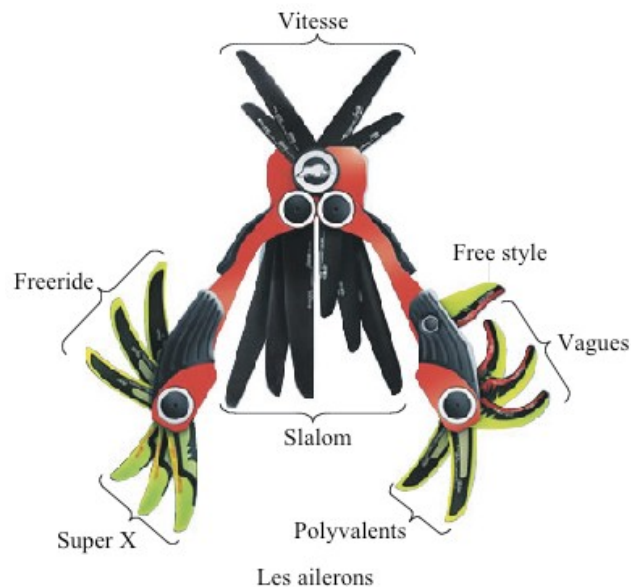
- **La dérive** : La dérive a deux utilités majeures. Premièrement, la dérive offre une plus grande stabilité à la planche, très utile pour les débutants qui mettent souvent un bon moment avant d'être capables de tenir debout sur la planche. Deuxièmement, la dérive donne une plus grande résistance à la dérive, ce qui peut être utile lorsqu'on remonte au vent. Sur les planches qu'on construit aujourd'hui, il y a très rarement une dérive car au planning, avec la vitesse, l'aileron à lui seul crée une portance suffisante et, bien évidemment, ajouter une dérive augmente la traînée.
- **Les cambers** : Les cambers sont des petites pièces de plastique fixées au bout des lattes et qui plient celles-ci lorsqu'on borde la voile. Les cambers permettent donc de créer un arrondi à l'endroit qu'on désire et qui ne se déplace pas selon la force du vent. De plus, les cambers permettent à l'air de s'écouler beaucoup mieux sur l'extrados, mais aussi sur l'intrados. Sur les premières voiles à cambers, la puissance générée par l'extrados était env. 75% de la puissance totale. Le gain en puissance par rapport à une voile sans cambers, grâce à un bon écoulement sur l'intrados, a été d'env. 25% de la puissance totale, ce qui est assez considérable. Les cambers offrent donc des voiles beaucoup plus puissantes, très stables, mais ne possédant pas une très grande maniabilité, expliquant pourquoi elles sont utilisées pour le slalom et la vitesse.



- La raison pour laquelle le centre de poussée vélique est plutôt bas : Sur les voiles de planche, principalement sur les voiles de vitesse, on essaie de créer un gros arrondi en dessous de la hauteur du wishbone. En effet, si plus de puissance était délivrée en haut de la voile, il serait très dur de retenir la voile, ce fait étant expliqué par le domaine de la physique des bras de leviers. Dans ce domaine, on apprend que plus la distance entre l'endroit sur le levier (ici le levier est le mat) où on applique la force et un certain point sur le levier (ici : le pied de mat) est grande, plus la force est multipliée. Ainsi, plus la poussée vélique est appliquée en bas de la voile, moins elle sera dure à retenir et remonter un peu le wishbone permet aussi d'aider à

retenir la voile.

- Différences entre les ailerons : Les longs ailerons offrent une bonne stabilité et permettent de bien remonter au vent. Néanmoins, ils limitent passablement la vitesse maximale et risquent plus facilement de déclencher un spin-out, de par leur grande surface qui crée une forte dépression (portance); ils sont plus utilisés sur les planches de vent léger et les planches de débutants. Les ailerons courts et droits sont des ailerons de vitesse qui ont une faible traînée, un risque de spin-out assez limité, mais qui offrent une faible résistance à la dérive. Ils sont donc seulement utilisés pour aller vite. Les ailerons arrondis sont utilisés surtout en vagues car ils offrent une très bonne maniabilité et ne partent pas souvent en spin-out. Il existe encore d'autres ailerons, mais ceux-ci résumant assez bien les différentes formes.



FLC