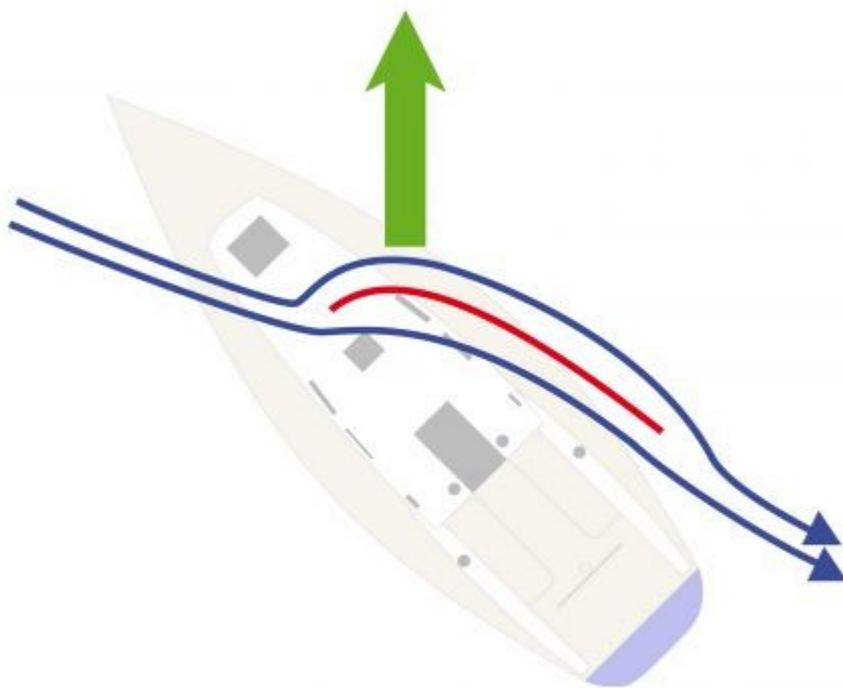


## Aérodynamique Poussée vélique

C'est un peu magique. Un voilier moderne arrive à gagner au vent. On dit qu'il remonte au vent. Autant il est simple de comprendre qu'au vent arrière, le vent pousse un bateau. Vous pouvez faire l'expérience dans votre baignoire : posez un objet flottant sur l'eau et soufflez, vous verrez qu'il avance, poussé par le vent.

Mais par quel mystère, il est possible de remonter vers le vent. Cela s'explique par la forme de la voile qui fonctionne sur le même principe qu'une aile d'avion. Le principe (appelé en physique principe de Bernoulli) repose sur la différence de pression entre les deux faces de la voile.



Remonter au

vent

Sur notre schéma de voilier, la voile est représentée en rouge.

Le vent en bleu arrive par la gauche. Arrivé contre la voile, il va devoir se séparer en 2 flux : un flux contourne la voile par l'extérieur (**extrados**), l'autre passe par l'intérieur (**intrados**). Le trajet de ces deux flux n'a pas la même longueur or en sortie de la voile (à droite) les deux flux doivent arriver en même temps. (il n'y a pas de vide)

Du coup le flux à l'extérieur de la voile doit être plus rapide que celui de l'intérieur. En accélérant à l'extérieur, ce flux crée une **dépression** qui aspire la voile. À l'inverse le flux à l'intérieur doit ralentir. En ralentissant le flux crée une **surpression** qui vient gonfler la voile.

Ces différences de pression entre les deux faces de la voile créent une force de poussée (flèche verte) **la poussée vélique** (résultante de toutes les forces appliquées sur la voile) qui tire le voilier vers l'avant. Le voilier avance !

Bien entendu pour que cette force de poussée (flèche verte) soit optimum, il faut correctement régler ces voiles.

Du près au large, l'écoulement du flux d'air est **laminaire**, pour les allures du large au vent arrière l'écoulement est **turbulent** (simple poussée moins forte)

Mais si la voile est trop bordée du près au large, on passe en écoulement turbulent, le bateau se redresse et avance très peu. Pour éviter cela, le réglage de voile se fait à la limite du fasseyage.

La puissance maximum est obtenue au travers large, la composante propulsive est la plus forte.

La poussée vélique s'applique aussi sur le foc

de plus le couloir entre le foc et la GV crée un effet **Venturi, accélération du flux d'air**

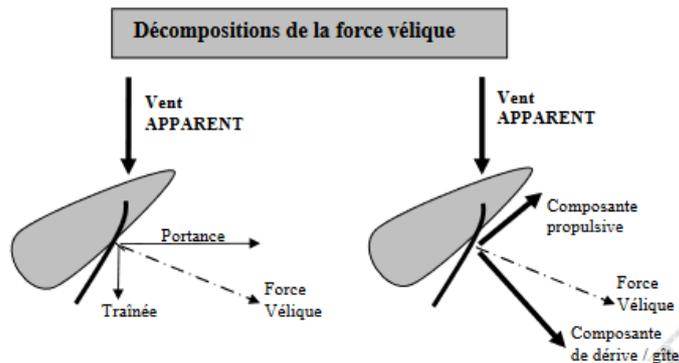
**La poussée vélique se décompose en force d'avancement dans l'axe du bateau et en force antidérive (et gîte)**

## ALLURES et Décomposition de la force vélique

CONDUITE

### Décomposition de la force vélique, en fonction des allures.

Quelque soit l'allure du bateau, et quelque soit la voile (grand-voile, foc, ou spi), la force vélique est **TOUJOURS** perpendiculaire à la corde de la voile !  
(En réalité, plus la voile est creuse plus la force vélique s'inclinera vers l'avant)



La force vélique peut être décomposée de deux façons différentes :

- **par rapport au vent apparent** : on obtient la portance et la trainée.  
La portance est à  $90^\circ$  du vent apparent, la trainée est dans l'axe du vent apparent.  
Ce sont des forces réelles, la force vélique étant l'addition de ces deux forces.  
Cette décomposition est utilisée en aviation, elle ne l'est pas pour la conduite d'un bateau.

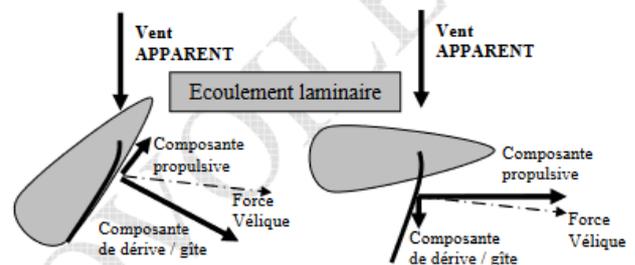
- **par rapport à la route du bateau** : on obtient les composantes propulsive et de dérive/gîte, qui, elles, sont indispensables pour la compréhension de la conduite d'un bateau.  
Attention, il ne s'agit pas de forces réelles, ce sont des composantes !!

Plus on se rapproche du près serré ou plus on va vite, plus on doit border les voiles, donc :

- plus la composante propulsive est faible ... et donc le bateau avance moins !
- plus la composante de dérive/gîte est forte ... et donc le bateau dérive/gîte plus !

⇒ Pour optimiser la vitesse et l'équilibre du bateau, il est tout aussi important de bien régler la puissance des voiles que de bien les orienter !  
(le spi en est un très bon exemple)

Comme on peut le voir sur le schéma ci-contre, l'angle d'incidence de la voile avec le vent apparent est **CONSTANT** ! C'EST LE BATEAU QUI TOURNE, pas les voiles !

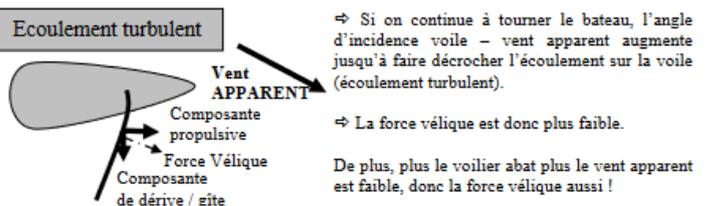


⇒ La force vélique est donc constante en force et en direction quelque soit l'allure, (par rapport au vent apparent), seul sa décomposition par rapport à l'axe du bateau change.

⇒ La composante propulsive étant plus forte au travers (vent apparent) qu'au près, le bateau avance plus vite au travers. Il dérive et gîte\* aussi beaucoup moins.

\* : par forte brise, le bateau gitera plus au travers qu'au près à cause de l'application de la force vélique qui est alors décentrée et crée un couple de lof : la barre devient dure, et le bateau très gité !

ATTENTION ! À partir du moment où la grand-voile touche les barres de flèches, celle-ci ne peut plus être choquée, et la grand-voile suit la rotation du bateau :



⇒ Si on continue à tourner le bateau, l'angle d'incidence voile - vent apparent augmente jusqu'à faire décrocher l'écoulement sur la voile (écoulement turbulent).

⇒ La force vélique est donc plus faible.

De plus, plus le voilier abat plus le vent apparent est faible, donc la force vélique aussi !

Sur le bateau, on sent bien le passage de l'écoulement laminaire à turbulent :  
⇒ Le bateau perd en vitesse et ne gîte plus (il tombe brusquement à plat).

Le premier croquis avec portance et trainée est utilisée en aviation pas pour la conduite du bateau

Le **vent apparent** est la résultante du **vent réel** et du **vent vitesse**.

*Lorsque le voilier démarre au travers par exemple, il est soumis au vent réel, plus il prend de la vitesse plus le vent apparent augmente et devient pointu (vient plus sur l'avant)*