

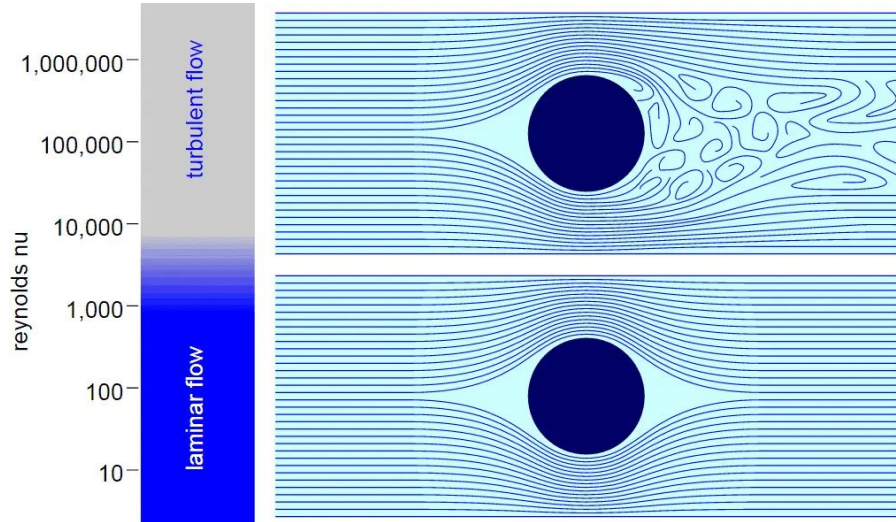
La propulsion vélique :

écoulements & forces



écoulement :

L'écoulement c'est le déplacement d'un fluide. Pour matérialiser le déplacement d'un fluide dans un écoulement on imagine des lignes de courant.

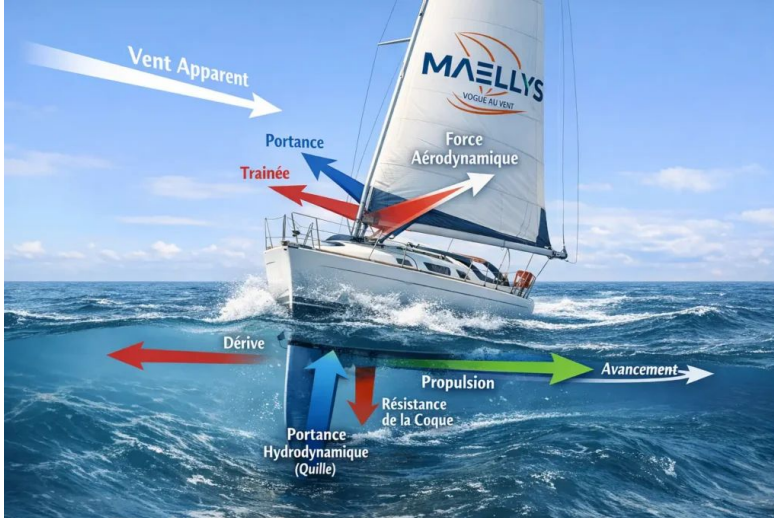


Écoulement Laminaire : Les lignes de courant sont presque parallèles. Pour une voile, cet écoulement reste laminaire jusqu'à un angle d'incidence trop élevé.

Écoulement Turbulent : Les lignes sont totalement désordonnées, ce qui arrive typiquement aux allures portantes (vent arrière).

Ecoulement laminaire créant un déplacement

En aérodynamique, on considère l'air comme incompressible le long d'une voile pour les raisons suivantes :

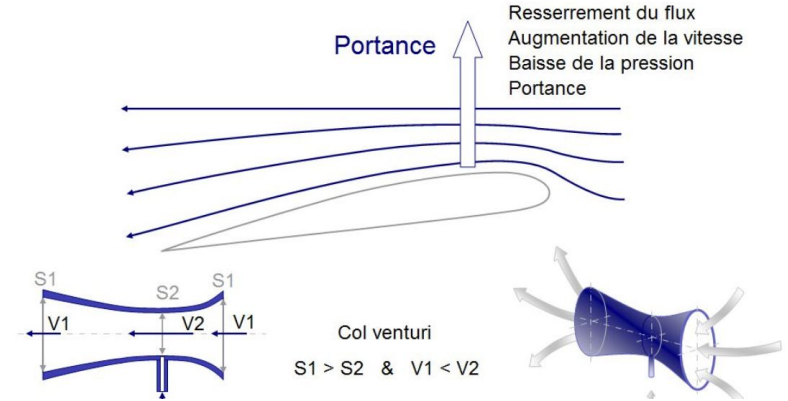
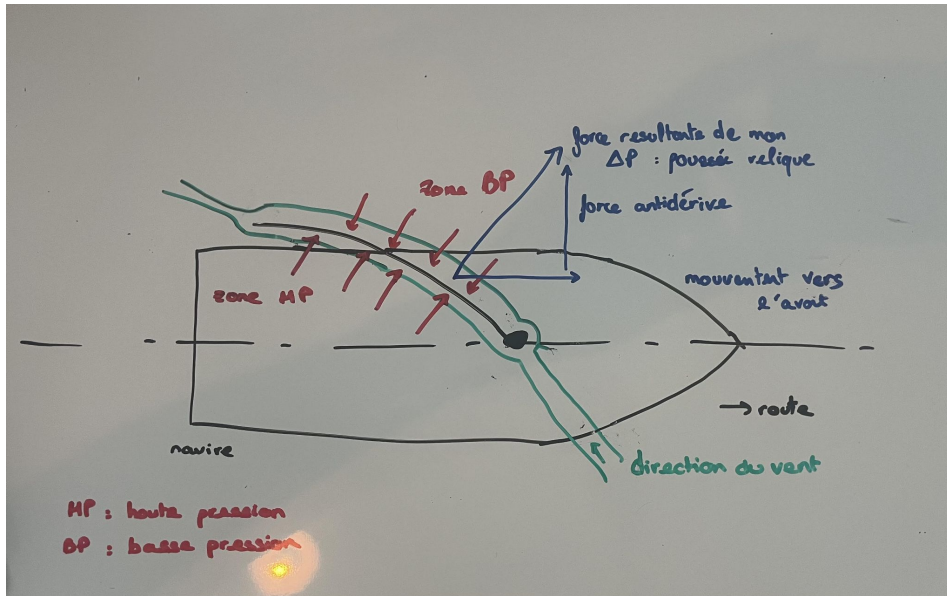


$$\begin{aligned} \text{air : } P_{\text{atm}} & \downarrow \\ P_{\text{totale}} = \sum P &= P_s + P_d \\ & \quad \quad \quad \leftarrow \frac{\rho}{2} v^2 \\ v &: \text{vitesse d'écoulement} \\ \text{en écoulement incompressible : } P_{\text{tot}} &= \text{cste} \\ \text{Bernoulli} &\rightarrow \frac{v^2}{2} + \frac{P_s}{\rho} = \text{cste} \end{aligned}$$

Lorsque la vitesse relative du navire est faible, l'air est compressible, mais ne l'est pas que lorsqu'il atteint des vitesses proches de celle du son. Un navire évoluant à des vitesses bien inférieures, les variations de pression ne suffisent pas à modifier la densité de l'air.

On pose l'hypothèse que la masse volumique (ρ) reste identique en tout point de l'écoulement.

L'effet Venturi est un phénomène de la dynamique des fluides, selon lequel un fluide en écoulement subit une dépression là où la vitesse d'écoulement augmente, ou là où la section d'écoulement se rétrécit.



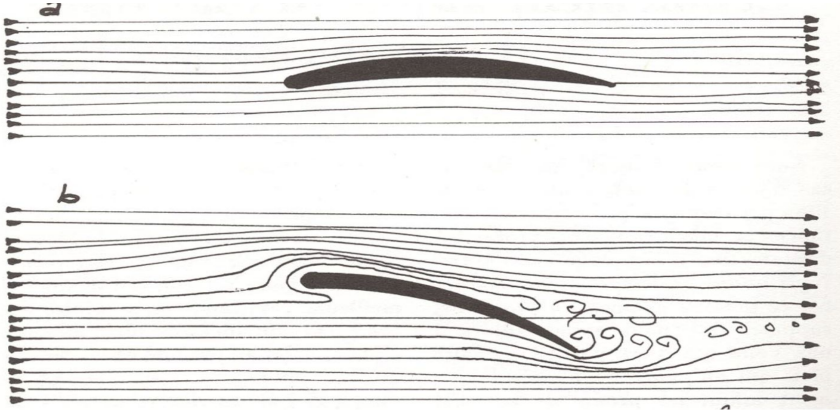
Différentiel de pression : La courbure de la voile accélère l'air sur l'extrados, créant une dépression qui génère la force aérodynamique.

Régimes d'écoulement : Le flux est laminaire au près (portance optimale) et devient turbulent au vent arrière selon la viscosité et la vitesse du fluide.

Décrochage et Limites de Performance

Écoulement attaché : En situation normale, les filets d'air collent parfaitement aux deux faces de la voile, ce qui est indispensable pour générer une portance efficace.

Angle critique (15° à 20°) : Au-delà d'une certaine incidence, l'écoulement se décolle brutalement de l'extrados, provoquant une chute de portance : c'est le décrochage.



Sur-bordage et traînée :

Une voile trop bordée génère un écoulement turbulent où la traînée (force de freinage) devient supérieure à la portance, immobilisant le navire.

Facteurs d'influence : La stabilité de cet écoulement dépend du profil de la voile, de sa vitesse (V) et de la viscosité de l'air.

Vecteurs Aérodynamiques :

Force Aéro : C'est la poussée globale issue du différentiel de pression sur la voile.

Portance : La composante perpendiculaire au vent apparent qui "tire" le bateau.

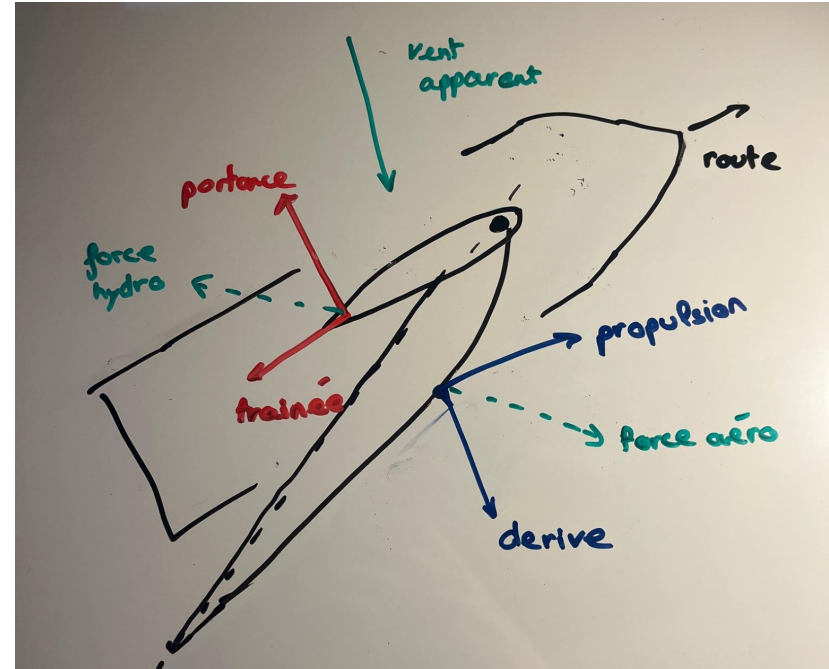
Trainée : La force de résistance parallèle au vent qui tend à freiner le mouvement.

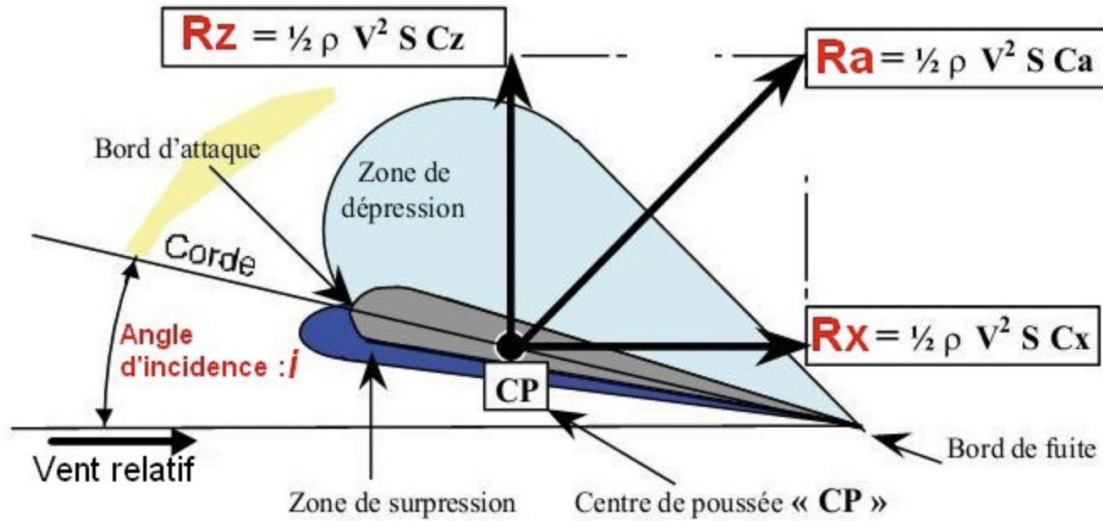
Comportements du navire :

Propulsion : La projection de la force aérodynamique vers l'avant, alignée avec la Route du bateau.

Dérive : La force latérale que le bateau doit compenser pour ne pas glisser sur le côté.

Force Hydro : La résistance de l'eau sur la coque et la dérive qui s'oppose à la dérive latérale.

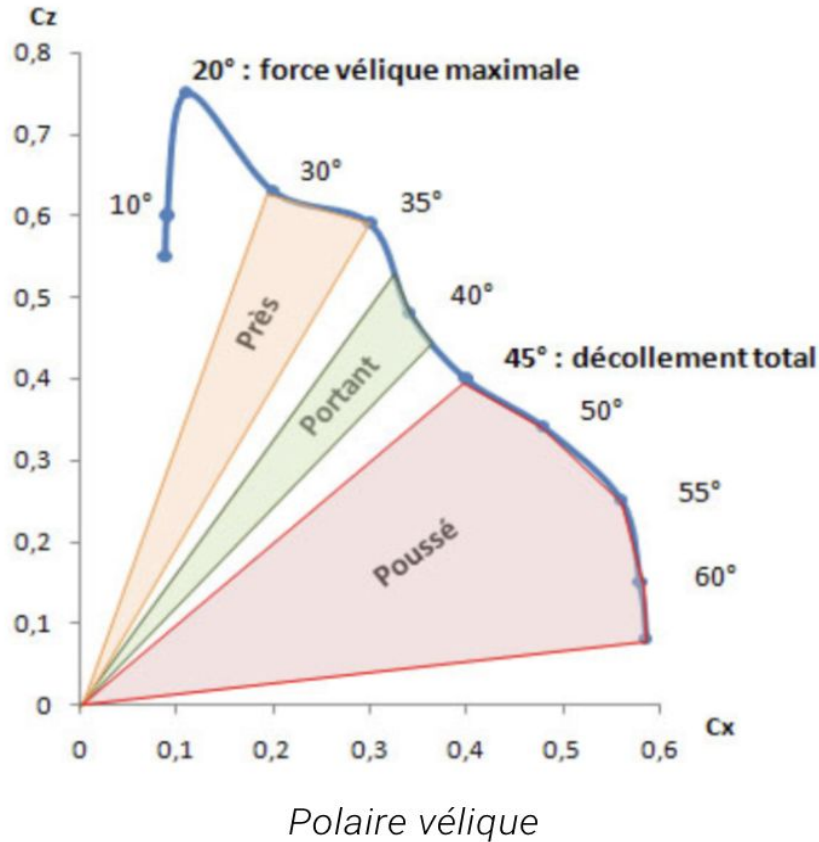




source :
<https://dessindeconstruction.go.yo.fr/portance-et-trainee-des-aeronefs/>

La portance : composante perpendiculaire au vent relatif, c'est à dire à la trajectoire.

La trainée : composante parallèle au vent relatif, c'est à dire à la trajectoire et qui s'oppose à l'avancement.



source: https://armandfardeau.github.io/dinghy-ffv4/docs/dinghy_mecanic/strengths/

Rendement de la voile

Trois couples de forces majeures interagissent :

Force Aérodynamique (Vélique) : C'est la résultante des pressions sur la voile. Elle se décompose en Portance (C_z), qui tire le bateau, et en Traînée (C_x), qui le freine. Le rendement maximal est atteint quand le rapport C_z/C_x est optimisé.

Force Hydrodynamique : L'eau étant un fluide, la coque et la dérive subissent des forces similaires à la voile. Cette force se décompose en force antidérive (pour contrer le dérapage latéral) et en traînée.