



Le 30/11/2020

ARCHIMEDIENS, FOILERS... HYBRIDES... ?

Un voilier volant rappelle le célèbre Flying Dutchman, mais Voler réellement quelques dizaines de centimètres ou quelques mètres au-dessus de l'eau pour s'extraire des forces de frottement ne date pas d'aujourd'hui.

Mais de l'idée ou du concept à la réalité il y a un océan de difficultés.

La sustentation verticale (LIFT) générée par un ou plusieurs Foils, qui agissent comme une aile d'avion, représente la base du domaine du vol et des équations qui sont associées.

Extraire un voilier (monocoque ou multicoque qui sont à la base Archimédiens), totalement de l'eau, signifie que les appendices sustentateurs produisent une force verticale dirigée vers le haut, égale à la masse du bateau multipliée par l'accélération de la pesanteur...



La théorie, la construction d'un prototype, ou même le lancement d'une série orientée architecturalement vers un type très particulier de régates pour des Foilers ne permettent pas de généraliser pour passer à l'étape « Offshore ou Inshore ».

Quel est le modèle implicite¹ actuel de la régate offshore ou Inshore ?

Prendre le départ sur un voilier (implicitement archimédien) et régater

Malgré les évolutions architecturales apparues au fil des années, les bateaux restent intrinsèquement ARCHIMEDIEN.

L'objectif de tous les architectes et d'améliorer en permanence la vitesse de tout nouveau bateau par rapport aux autres concurrents.

L'architecte utilise deux paramètres :

- L'augmentation de la puissance (en combinant la surface de voilure et la stabilité)

Et / Où

- L'amélioration de la pénétration dans l'eau (Aujourd'hui en utilisant la CFD, acronyme de Computational Fluid Dynamics).

Le problème d'un voilier Archimédien et principalement d'un monocoque, est que malgré les évolutions architecturales (design, construction, etc.) il bute sur un mur infranchissable, qui limite sa progression de vitesse.

Ce mur est lié à l'essence même d'un **flotteur qui se déplace dans l'eau**. Tout dessin de flotteur possède une vitesse critique infranchissable.

Pour franchir cette frontière physique il faut changer de paradigme et envisager de s'extraire de l'eau².

A priori deux solutions sont possibles, soit sustenter le bateau sur des foils, soit glisser à la surface de l'eau tracté par une aile de Kite (projet en cours de démonstration voir <https://sp80.ch/home/concept/>).

Limitons l'étude à la sustentation du bateau sur des foils.

Actuellement on dispose de trois options :

- **La sustentation est partielle,**

Le lift produit est inférieur au déplacement du bateau.

Dans cette configuration, le bateau reste archimédien. Les surfaces sustentatrices génèrent une suite au régime de planing (portance sur la forme de la coque) et permettent d'augmenter le potentiel de vitesse du bateau.

Tout est une question de valeur du lift produit, qui dépend, pour partie, de la surface des foils.

Un compromis devra être choisi entre l'**accroissement de vitesse** apporté par ces foils lorsque les conditions idéales existent et **les inconvénients** lorsque le bateau doit naviguer en archimédien « pur » avec des appendices non utilisables mais dont la trainée freine le bateau.

Ce choix est crucial, car un gain de vitesse important sera obligatoirement lié à un range d'utilisation très étroit, donc implicitement à une diminution des performances en navigation normale, sauf si l'ensemble des surfaces sustentatrices ou de contrôle sont entièrement escamotables.

¹ Et cela depuis plus de 150 ans

² Et dans ce nouvel environnement on retrouvera une nouvelle limite.

- **La sustentation totale**, qui revient à voler intégralement en permanence, impose que le bateau soit équipé de foils de surfaces importantes et d'un système performant de régulation de l'équilibre du vol (PHR).
Une première difficulté sera de valider le Vol à « basse altitude », donc à quelques dizaines de centimètres de la surface théorique de l'eau.
Question : Est-ce possible quel que soit l'état de la mer ?
Une seconde difficulté sera, pour naviguer en Offshore (ou même en Inshore), de savoir si le vol intégral est possible quelle que soit l'allure, notamment au près.
Enfin, Il faudra prendre en compte les conditions de reprise du vol, lorsque pour une raison quelconque le bateau revient archimédien suite à un incident de pilotage.
Il est évident que ces problèmes auront un impact important sur le potentiel de vitesse du « Foiler ».
- **La troisième option concevoir un voilier hybride « Foiler intégral / Archimédien »**
Cela revient à dessiner un bateau qui pourrait passer alternativement du modèle Archimédien au modèle Foiler intégral, avec uniquement les avantages de chaque modèle, les inconvénients étant être occultés techniquement.
C'est plutôt le Foiler intégral qui est concerné par la transformation.
En effet concevoir des foils de grandes surfaces (nécessaires au vol permanent), souvent équipés de fences, de winglets ou un plan horizontal régulateur (nécessaire à la stabilisation du vol) qui soient entièrement escamotables paraît très compliqué.

Conclusion

La réalité des performances d'un bateau équipé de foils sera donc tributaire de l'environnement qu'il subit³. L'état de la mer (par rapport à l'altitude de vol), la vitesse du vent, la route par rapport au vent, perturberont le domaine du VOL, ou même l'interdiront complètement ce qui obligera de revenir dans le monde Archimédien.

A l'opposé, un manque de vent produira le même effet.

Le Foiler ne peut pas disposer d'une puissance vélique adaptée aux forces de vent très faibles pour créer les forces ascensionnelles qui lui permettent de voler. Dans ces conditions les forces de traînées ruinent les performances.

Sur une course océanique ces cycles peuvent se reproduire « n fois », « n » étant non prévisible.

L'expérience Vendée-Globe 2020

Un bilan au bout de 21 premiers jours de course et 8200 milles parcourus met en évidence qu'entre les IMOCA de la dernière génération à Foils ont pris un avantage de moins de 300 milles sur un bateau équipé de dérives droites, donc entièrement archimédien.

On remarque aussi qu'aucun IMOCA à foils, n'a tenu sur 4 heures une moyenne supérieure à 24 nœuds, ce qui pouvait être espéré dans les zones où le vent était modéré, dans la bonne direction et avec un mer « plate » (les vidéos ont montré que ces conditions ont existé).

³ Les conditions météorologiques. On peut prévoir leurs évolutions sur plusieurs jours mais en aucun cas la naissance des phénomènes.

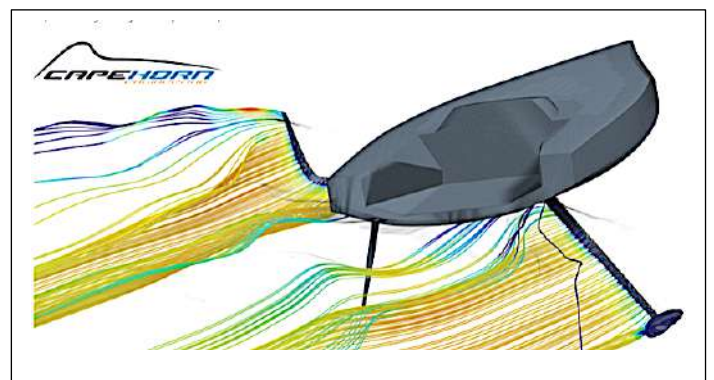
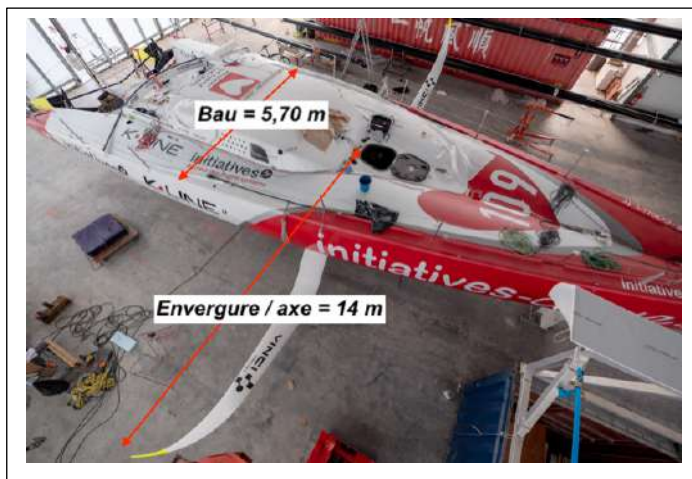
Cette dernière remarque résulte, à mon avis, de l'absence de système de régulation du vol dans une assiette horizontale. La navigation cabrée sur les surfaces sustentatrices avants et en appui sur le tableau arrière est trop instable pour être performante et fiable. J'exclue la navigation en équilibre précaire sans appui sur le tableau arrière.

Pourquoi ce potentiel de vitesse n'apparaît pas dans les résultats ? Certes il reste 17000 milles, mais sur ces 17000 milles, il y a le retour du Cap Horn aux Sables soient encore 7500 milles dont les conditions MTO risquent d'être assez équivalentes à celles de la descente au Cap.

En fait il apparaît que lorsque les conditions de sustentations sont perturbées par l'état de la mer, les IMOCA à foils sont très handicapés par la trainée de ces appendices qui sont plus ou moins immergés et perpendiculaires à la trajectoire du bateau.

Il faut remarquer qu'hormis les 250 milles pour aller chercher la bascule dans l'ouest, le reste de la descente et notamment les passages à travers les 3 dépressions se sont faits à des allures très arrivées.

Un plan régulateur sur le safran aurait amélioré les performances lorsque l'état de la mer permettait de voler, mais ce PHR devenait un handicap de plus en régime archimédien, et encore eut-il fallu qu'il résiste au flux d'eau dans ces conditions de navigation (tangage, etc...).



Même partiellement rentré (ce que les Fences interdisent), la surface balayée est impressionnante, ce qui se traduit par de la trainée.

Le vol (ou le cabrage) est impressionnant, mais apparemment pas transposable dans les conditions de navigations offshores et sous pilote automatique.



Quelles solutions ?

Ce début de Vendée 2020, a mis en évidence le mal récurrent lié à l'excès par fuite en avant, ce qui s'est traduit sur les dimensions des foils.

Les teams sont partis du principe qu'avec des foils les bateaux allaient faire exploser les compteurs. 35 nœuds dans la baie de Lorient, c'est magnifique, mais est-ce reproductible ? On entend que les conditions MTO n'ont pas été favorables, ce qui n'est pas si vrai que cela, il y a eu du mauvais temps mais pas d'allure de près, le pot au noir a été traversé à la vitesse « grand V », ce qui n'a pas été le cas 8 jours après pour CHARAL.

Les foils apporteront un gain de vitesse, c'est certain, mais à condition d'être une sorte de postcombustion, très souple d'utilisation (lorsque les foils ne sont pas utilisés ils doivent s'escamoter dans la coque et le bordé, s'il y a un embryon de Tip. – Chistera ou « L » -).

Ce gain de vitesse se matérialisera par la combinaison d'un lift modéré (Diminution virtuelle du déplacement) et d'une augmentation de Righting Moment (augmentation de la puissance disponible)

Mais je crois certain que le régime Archimédien avec dérives possède encore un excellent potentiel comme nous l'a démontré avec brio le Roi Jean.

J. SANS (30/11/2020)