



# L'hydrofoil

**Dans quelles mesures peut-il  
révolutionner le monde nautique ?**

Maxime ANDRIEUX • Yann COJAN  
Lycée Saint Martin • Rennes  
TPE • 1<sup>ère</sup>S • 2018



# L'hydrofoil

## Dans quelles mesures peut-il révolutionner le monde nautique ?



Crédit photo : 123RF / Federico Rostagno

**TPE / 1<sup>ère</sup> S**

**Sujet : L'hydrofoil**

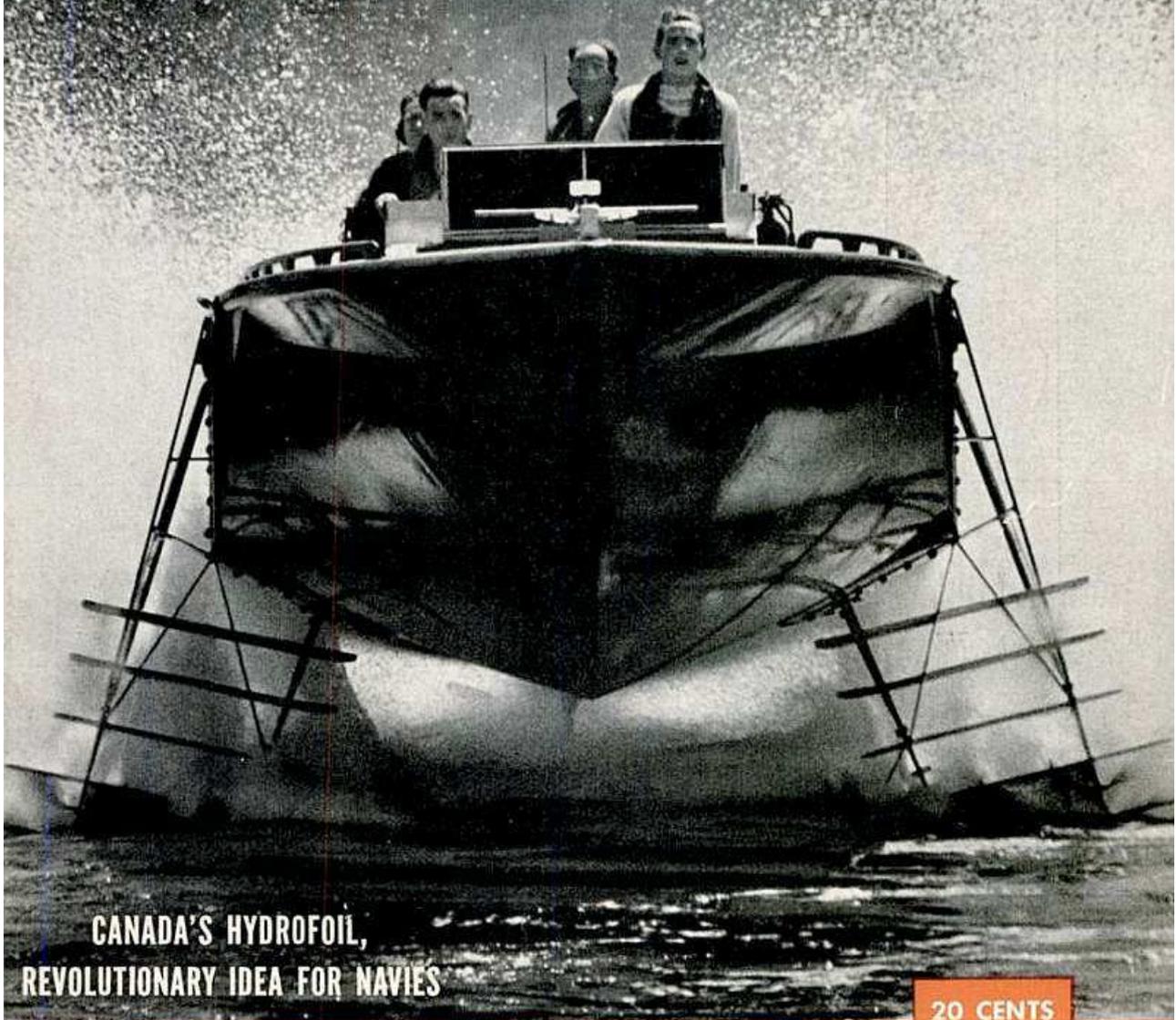
**Thèmes : Agir pour son avenir. Transport et transfert. Matières et formes.**

**Problématique : Dans quelles mesures l'hydrofoil  
peut-il révolutionner le monde nautique ?**

**Février 2018**

# LIFE

HOW WE BEAT THE YANKEES  
BY HANK GREENBERG  
IN COLOR: HOW DIPLOMATS  
LIVE IN WASHINGTON



CANADA'S HYDROFOIL,  
REVOLUTIONARY IDEA FOR NAVIES

20 CENTS

SEPTEMBER 27, 1954

REG. U. S. PAT. OFF.

En 1954, le célèbre magazine américain Life fait sa couverture avec l'hydroptère expérimental de la Marine canadienne, utilisant les foils à échelle d'Alexander Graham Bell, bateau que le magazine qualifie d'« idée révolutionnaire pour la marine »

# Remerciements

---

Nous tenons à remercier les professionnels du monde nautique qui nous ont aidés. Malgré leurs emplois du temps chargés et leurs responsabilités importantes (notamment en plein Salon Nautique International de Paris), ils ont eu la gentillesse de répondre à nos questions, de relire, commenter et corriger notre dossier. Spécialistes expérimentés du nautisme et pratiquants chevronnés, leur témoignage apporte de la crédibilité et du concret à notre étude. Ils nous ont communiqué des informations factuelles issues de leur expérience, nous permettant d'aller au-delà des emballements médiatiques et discours commerciaux. Nous les remercions beaucoup pour le temps qu'ils nous ont consacré.

Architectes et constructeurs navals, navigateurs, riders, fabricants de foils, moniteurs de voiles et cadres techniques de la Fédération française de Voile, ils sont aussi champions Olympiques, champions de France ou champions du monde de voile, planche à voile ... :

**Pierre BALEY**, Directeur Général d'ALPHA TECHNIQUES, bureau d'études en ingénierie navale et industrielle (*photo 1 : 1<sup>ère</sup> photo en partant du haut*).

**Mathieu DEPLANQUE** (*photo 2 : 2<sup>ème</sup> photo en partant du haut*), Coordinateur du Pôle France Voile Brest de la FFVoile, Fédération Française de Voile.

**Eric FLAGEUL** (*photo 3*), Professeur à l'Ecole Nationale de Voile et des Sports Nautiques.

**Yann KERMOAL** (*photo 4*), fondateur de Ker Foils, fabricants de foils à Pont Labbé.

**Antoine MAINFRAY** (*photo 5*), architecte naval, fondateur de l'Atelier Interface, Architecture et Ingénierie Navales.

**Fred MONSONNEC** (*photo 6*), passionné de foils, propriétaire de trimaran à foils en T dessiné et réalisé par ses soins, auteur de nombreux articles et dossiers sur les foils, et auteur de Foilers, le blog des bateaux volants.

**Philippe NEIRAS** (*photo 7*), entraîneur des équipes de France de Tornado pour les JO d'Atlanta (1996), Sydney (2000), Pékin (2008), Conseiller Technique National de la FFVoile, Fédération Française de Voile.

**Pierre NOESMOEN** (*photo 8*), ancien champion du monde de windsurf, CTN au Pôle France Voile de Brest et à la FFVoile, Fédération Française de Voile.

**Loïg PEIGNÉ** (*photo 9*), cofondateur de Lokefoil, fabricants de foils à Saint Malo.

**Dorian VANNIER** (*photo 10*), Directeur du Club Nautique de Saint Jacut de la Mer.

**Pierrick WATTEZ** (*photo 11*), Coordinateur windsurf de la FFVoile.

Nous adressons aussi tous nos remerciements à nos professeurs du lycée Saint Martin à Rennes, qui nous ont accompagnés, conseillés et guidés tout au long de cette étude.





Crédit photo : 123RF / Ilya Malov



**Les hydrofoils de transport de passagers connaissent leur apogée dans les années 60 - 70. Transportant 50 à 100 passagers, à 40 nœuds en moyenne, même par mer agitée, ils constituent une solution de transport maritime sûre et rapide.**

**Leurs coûts élevés participeront à leur déclin.**

# Sommaire



<b>Origines de l'hydrofoil</b> .....	page 8
• Premiers essais .....	page 9
• Évolutions .....	page 11



<b>Technique de l'hydrofoil : maquette, principe et fonctionnement</b> .....	page 14
• Principe .....	page 15
• Fonctionnement.....	page 17
• Maquette.....	page 20



<b>Exploitations actuelles et futures de l'hydrofoil</b> .....	page 22
• Avis des professionnels du nautisme contactés.....	page 23
• Grandes courses et loisirs.....	page 29
• Exploitations commerciales.....	page 33



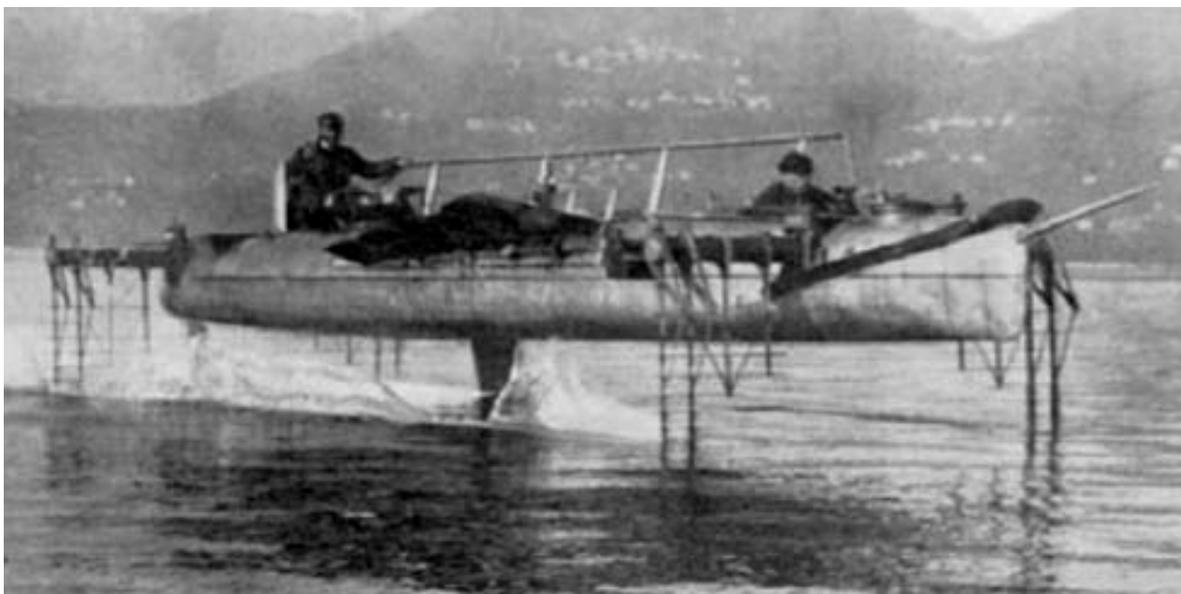
<b>Limites : complexité, matériaux, fragilité, dangerosité, coût</b> .....	page 36
• Complexité.....	page 37
• Dangerosité.....	page 37
• Coûts.....	page 37



<b>Dans quelles mesures l'hydrofoil peut-il révolutionner le monde nautique ?</b> .....	page 38
• Sensation.....	page 39
• Écologie.....	page 39
• Économie.....	page 39

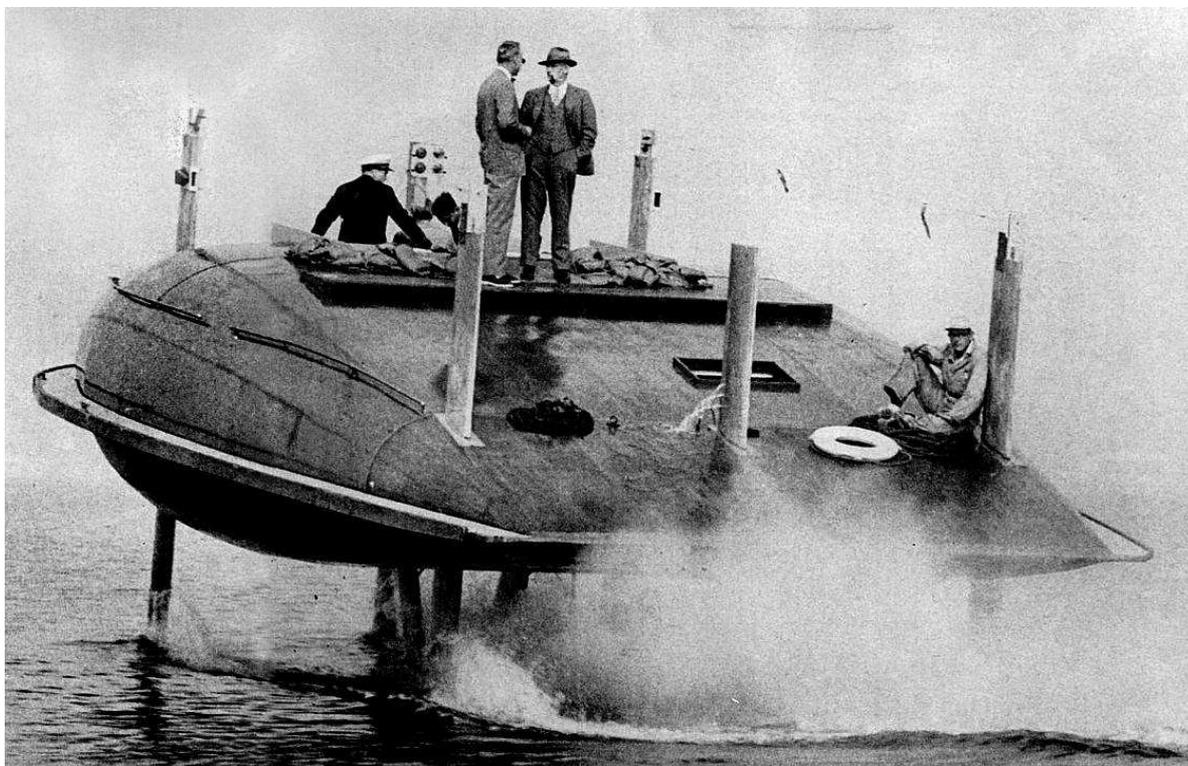
<b>Bibliographie</b> .....	page 40
----------------------------	---------

# Origines



**Hydrofoil de Enrico Forlanini sur le Lac Majeur en Italie, en 1906**

© Photo: Magazine National Geographic / Wikimedia Commons



**US NAVY 1953 - The Lantern (HC-4), un prototype de la Marine, a été l'un des premiers hydrofoils à utiliser des commandes électroniques.**

Lien vers l'article : HYDROFOILS - Recherche sur l'énergie renouvelable / <http://www.bluebird-electric.net/hydrofoils.htm>

## L'hydrofoil : premiers essais, évolutions

---

### ● Premiers essais

Dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, navigateurs et architectes navals s'intéressent au principe de l'hydrofoil. L'idée consiste à soulever la coque du bateau hors de l'eau et la maintenir ainsi de façon dynamique grâce à des surfaces portantes comparables à des ailes. Ce concept réduit l'effet des vagues sur la coque pour gagner en vitesse. 1894 serait la date du plus vieux record d'un engin à hydrofoils, détenu par les frères Meacham sur leur bateau de 14 pieds (4.3m) à Chicago.

En 1861, l'ingénieur aéronautique britannique Thomas Moy installe transversalement 3 foils horizontaux sous un canot pour en améliorer l'aérodynamisme. Avec la prise de vitesse la coque sort de l'eau. Les foils auto-ajustables diminuent d'incidence avec la vitesse. En 1869, le mécanicien français Emmanuel Denis Farcot dépose un brevet pour un bateau dont la coque est hérissée d'une série de petits foils afin de la soulever et diminuer ainsi la traînée.

En 1905, le professeur italien Enrico Forlanini construit un hydroptère pour tester des foils en vue d'une application aux avions. Il le teste en 1906 sur le lac Majeur (Italie du nord) et atteint 38 nœuds (70 km/h) avec un moteur de 75 chevaux (à une époque où aucun navire ne dépassait 50 km/h). Ses foils sont du type à échelle, à 4 étages. La configuration est complexe, avec des plans porteurs fixes et d'autres rétractables à grande vitesse. La propulsion est aérienne. En 1907, les Frères Wright, précurseurs de l'aviation américaine, ont été les premiers à faire décoller un catamaran doté de plans porteurs.

En 1919, les canadiens Alexander Graham Bell et Frederick Baldwin construisent un hydroptère de 60 pieds (18 mètres environ) le HD-4, équipé de foils qui bat le record mondial de vitesse sur l'eau en atteignant 61.5 nœuds (114 km/h).



Crédit photo : 123RF / BELIKOVA

Après la seconde guerre mondiale, les hydrofoils se développent dans le transport maritime. Le plus gros hydrofoil russe, le Meteor, a été en production de 1960 à 1994.



Les hydroptères Pegasus PHM (Patrol Hydropter Missile, *Patrouille, Hydroptère, Missile*) de l'US Navy, en service de 1977 à 1993 étaient motorisés par une turbine de 18 000 chevaux et capables de naviguer à 48 nœuds (89 km/h).

## ● Évolutions

Ces premières tentatives, réalisées sur des engins à moteurs limités en puissance, ont été handicapées par le manque de matériaux et de moteurs appropriés. Les progrès, liés au développement de l'aviation, ont permis de réaliser des bateaux à hydrofoils fiables et efficaces.

*Dans les domaines militaires et du transport maritime : les hydrofoils connaissent leur apogée dans les années 70, mais leurs coûts trop élevés feront leur déclin*

Après la seconde guerre mondiale, les hydrofoils se développent dans l'industrie nautique militaire et commerciale. Transportant 50 à 100 passagers, à 40 nœuds, même par mer agitée, ils constituent une solution de transport maritime sûre et rapide. En Russie, l'hydroptère Raketa, transportait 60 passagers à 60 km/h, 389 Raketa ont été fabriqués de 1957 à 1976. Le plus gros hydrofoil russe, le Meteor, a été produit de 1960 à 1994. Les puissants vaisseaux à grande vitesse de type Burevestnik avaient 2 moteurs d'avion sur leurs côtés. Produits de 1964 à 1979, leur vitesse de croisière était de 93 km/h. Le Plainview, hydroptère de l'US Navy était le plus gros hydrofoil au monde en 1969. Le Boeing 929 Jetfoil, lancé en 1974, transportait 400 passagers. Le Voskhod russe est l'un des hydrofoils de passagers les plus populaires, fabriqués en Russie et en Ukraine. Ils sont en service dans plus de 20 pays. Les hydroptères Pegasus PHM (Patrol Hydropter Missile, *Patrouille, Hydroptère, Missile*) de l'US Navy, en service de 1977 à 1993, motorisés par une turbine de 18 000 chevaux, étaient capables de naviguer à 48 nœuds (89 km/h).

Malgré leurs promesses, ces hydroptères n'ont pas joué un rôle essentiel en technologie marine. Ils n'ont été populaires que dans les années 60 et 70 grâce aux hydrofoils à passagers soviétiques. Leur technologie sensible, complexe et coûteuse n'a pas résisté aux enjeux économiques. Les coûts de fonctionnement étaient trop élevés et les ajustements à apporter trop nombreux.

# Origines



« **Novateur. Monitor**, piloté avec un volant d'automobile le 6 septembre 1955, sur le lac Mendota, à Madison, Wisconsin est une merveille d'ingénierie jamais reproduite à ce jour. » expliquent Christian Février et Fred Monsonnec dans le dossier « On a marché sur la mer. La saga des pionniers des hydrofoils. » du magazine Voile et Voiliers de juin 2011

© Photo MARINERS MUSEUM / Voile et Voiliers, Juin 2011 / Lien vers l'article : <https://foils.files.wordpress.com/2012/02/voiles-et-voiliers-484-06-2011-c-fevrier-f-monsonnec1.pdf>



**Véliplane de Claude Tisserand, dans la Revue « Nautisme » de 1966**

## ● Évolutions

*Dans les domaines des sports nautiques et de la voile : les « fous volants » multiplient les inventions pour de nouvelles sensations de glisse et de vitesse*

En 1938, Robert Gilruth, pionnier américain d'aéronautique, responsable de programmes spatiaux à la Nasa, construit le premier voilier hydrofoil : le Catafoil. Dans les années 40, l'américain Gordon Baker veut construire un voilier à foils commercialisable. Financé par l'US Navy, il conçoit le Monitor qui atteint la vitesse incroyable pour l'époque de 38 nœuds.

Pionniers français des voiliers à hydrofoils, Roland Tiercelin et Claude Tisserand font de nombreux essais dans les années 60 et 70. De 1965 et 1978, Claude Tisserand expérimente ses véliplanes. En 1966, le Véliplane I, trimaran de 4,50 m atteint 15 nœuds. En 1976, le Véliplane IV préfigure l'engin d'Éric Tabarly, qui donnera naissance au trimaran Paul Ricard et à l'Hydroptère.

En 1980, Éric Tabarly bat le record de traversée de l'Atlantique en 10 jours 5 h et 14 min. sur Le Paul Ricard, conçu avec l'ingénieur aéronautique Alain De Bergh. Les matériaux de l'époque ne permettaient pas d'atteindre le poids nécessaire pour faire décoller le bateau, ils conçurent donc un voilier stabilisé par plans porteurs.

En 1992, le trifoiler américain Long Shot, pulvérise le record du monde de vitesse sur 500 mètres en catégorie A, à 43,55 nœuds de moyenne. En 1997, le catamaran français Techniques Avancées établit le record de vitesse sur 500 mètres en classe D à 42,12 nœuds de moyenne.

Dans les années 2000, l'utilisation de matériaux plus résistants et légers comme le carbone et le titane, donne naissance à de nouvelles générations de bateaux tels que l'Hydroptère. En 2009, ce trimaran à hydrofoils conçu par les navigateurs français Alain Thébault et Éric Tabarly bat le record de vitesse à la voile sur 500 mètres à 51,36 nœuds, avec une vitesse de pointe de 55,5 nœuds, passant la barre symbolique des 100 km/h (103 km/h).

Côté windsurf et surf ; au début des années 1980, l'Allemand Niko Stickl se présente à la « Semaine de la vitesse » de Weymouth avec une planche à voile équipée d'un foil. Au début des années 1990, les surfeurs Rush Randle et Laird Hamilton, en pleine apparition du surf tracté (tow surfing), équipent leur planche de surf d'un foil pour se faire tracter dans des vagues géantes.

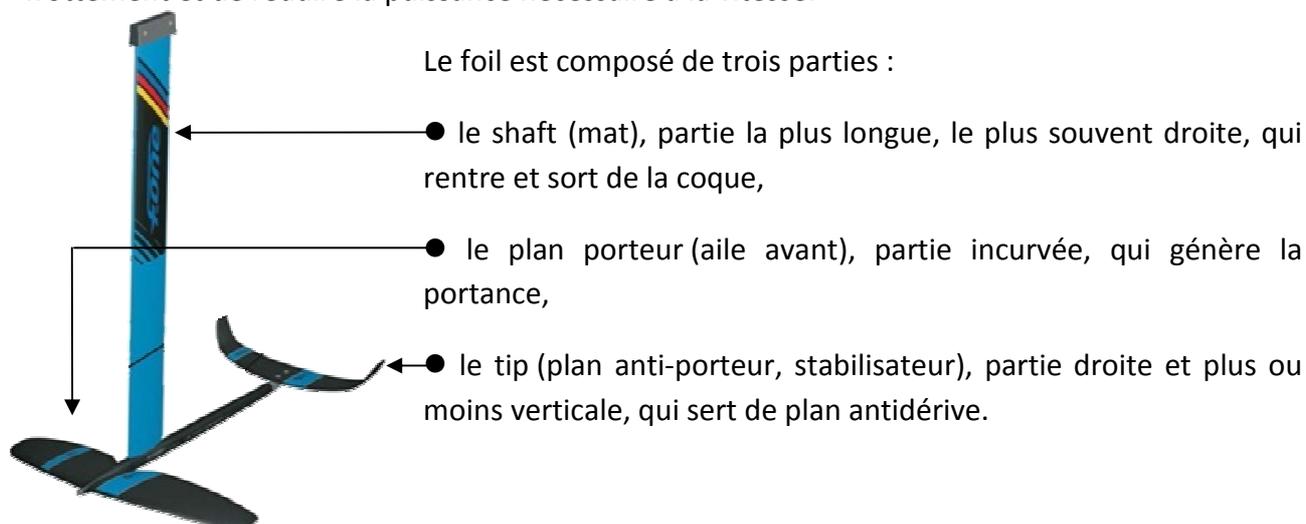


## Principe, maquette, et fonctionnement

### ● Principe

Un hydroptère\*, du grec hydro (eau) et ptère (aile), hydrofoil en anglais, est un type de bateau (ou de planche) dont la coque s'élève et se maintient en équilibre hors de l'eau à partir d'une certaine vitesse grâce à la portance d'un ensemble d'ailes immergées : les foils.

En mécanique des fluides, un foil est une aile profilée qui se déplace dans l'eau et transmet une force de portance à son support. La vitesse de déplacement génère sur le foil une portance hydrodynamique capable de soulever la coque support (bateau, kite, stand up paddle, surf, planche de windsurf) hors de l'eau. Le but de ce transfert de portance est de réduire le frottement et de réduire la puissance nécessaire à la vitesse.

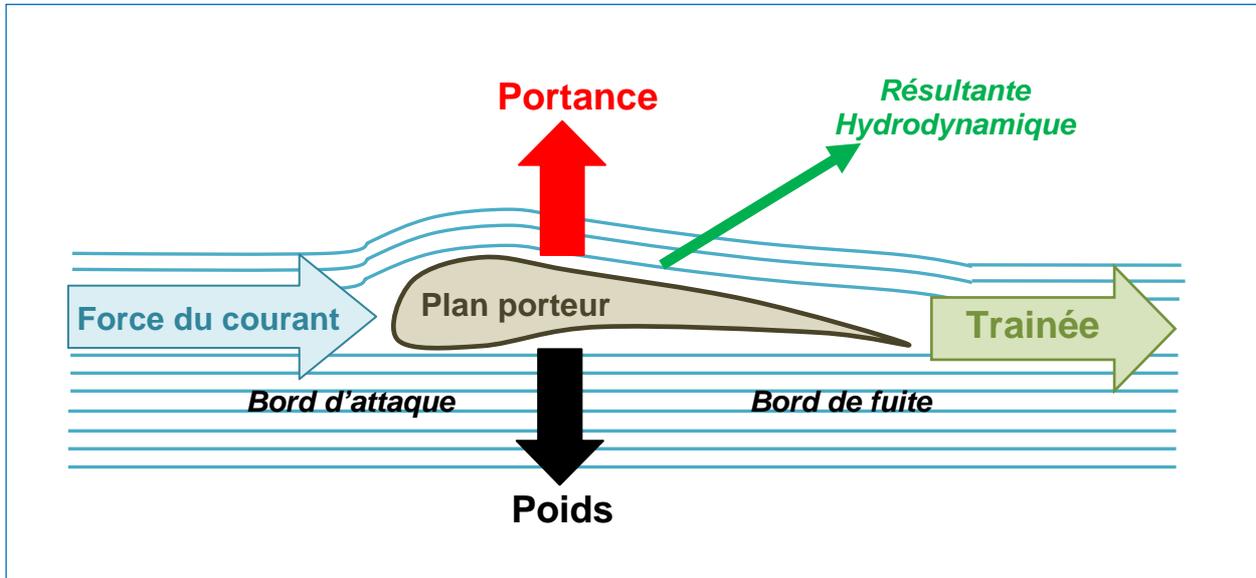


Le foil fait décoller le bateau qui n'est plus en contact avec l'eau que par ses plans porteurs. Cela réduit fortement la force de « trainée » qui freine le bateau. La trainée est la résistance générée par la force de frottements du fluide (l'eau dans le cas présent) sur la partie immergée (la coque est la grosse partie immergée, le foil est la petite partie immergée). La force de trainée produite par les frottements de l'eau est un des facteurs qui limite la vitesse des bateaux. Les coques des bateaux produisent une grande force de trainée, les foils réduisent cette force en élevant la coque et en réduisant la surface de contact avec l'eau.

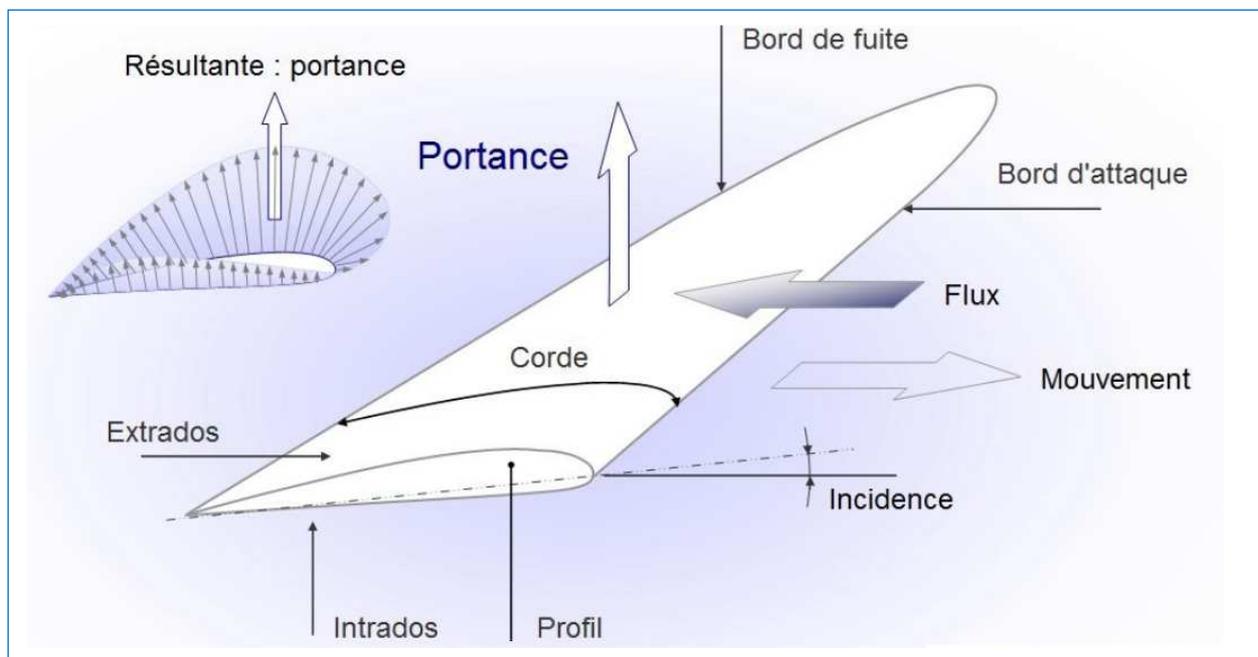
\* L'Hydroptère est aussi le nom du célèbre voilier dessiné par VPLP design pour Alain Thébault.

# Technique

## Interaction des forces appliquées sur le plan porteur (aile avant du foil)



## Portance, terminologie



© Frederic Monsonnec 2011, avec l'aimable autorisation de l'auteur

## ● Fonctionnement

La portance est la force d'aspiration qui entraine le plan porteur vers le haut (schéma ci-contre).

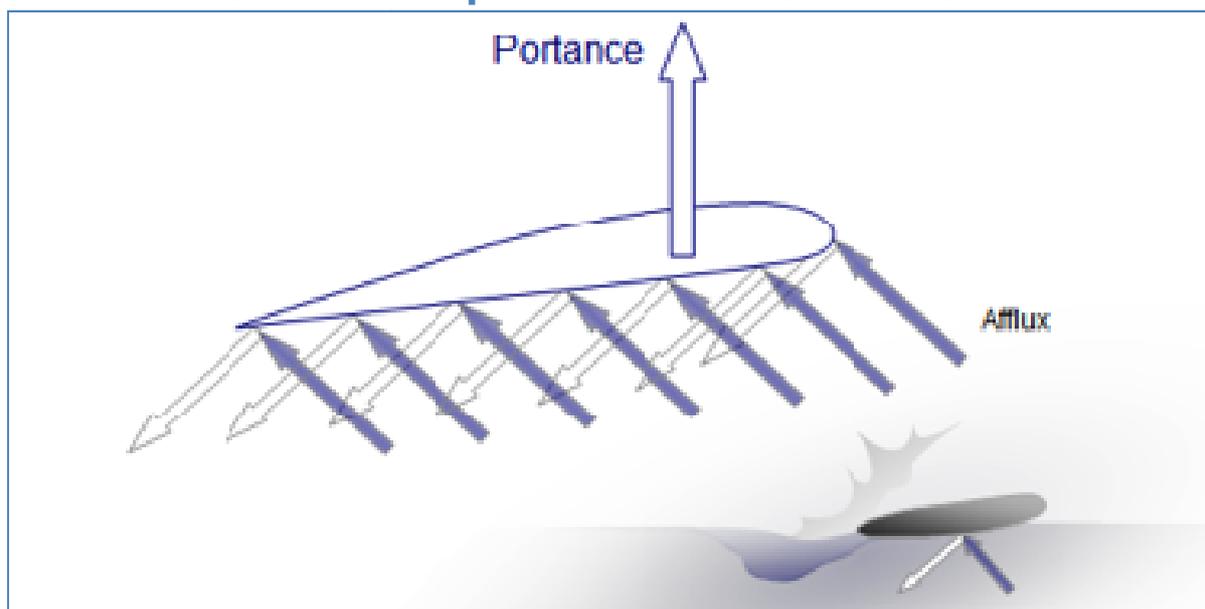
La portance (P) permet de connaître la force (en Newton) qui, en la soustrayant au poids du bateau (en Newton) nous permet de savoir de combien de Newton le bateau est allégé, et donc de savoir si le bateau "décollera" de la surface de l'eau, ou s'il sera juste allégé.

$$P = 1/2 \rho V^2 S C$$

(P = force créée par le foil en Newton,  $\rho$  = masse volumique de l'eau, 1020 pour l'eau salée en  $\text{Kg/m}^3$ , V = vitesse du bateau en m/s, S = surface du foil en  $\text{m}^2$ , C = coefficient de portance défini en fonction de test en soufflerie)

Selon la théorie du ricochet, la portance serait due à l'énergie développée par les molécules qui « frappent » le dessous du plan porteur, en référence à la 3<sup>ème</sup> loi de Newton (lorsqu'un solide A exerce une force sur un solide B, le solide B exerce sur le solide A, la force directement opposée)

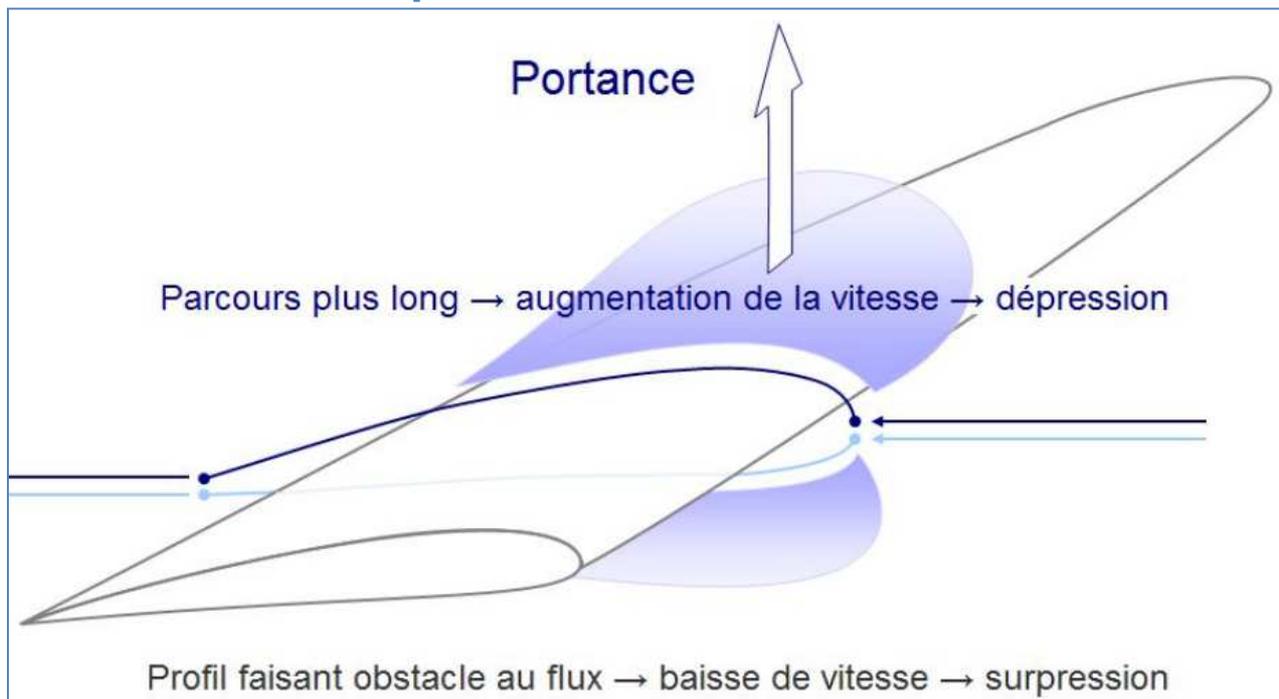
### Théorie de la portance selon l'effet ricochet



© Frederic Monsonnec 2011, avec l'aimable autorisation de l'auteur

# Technique

## Théorie de la portance selon le théorème de Bernoulli



© Frederic Monsonnec 2011, avec l'aimable autorisation de l'auteur

## ● Fonctionnement

Une autre théorie, basée sur le théorème de Bernoulli, explique la portance par le fait que la partie supérieure des ailes ayant une longueur supérieure à la partie inférieure, quand 2 molécules sont séparées par le bord d'attaque d'une aile, la molécule qui passe au dessus de l'aile, parcourt plus de distance que celle qui passe en dessous du profil (voir schéma ci-contre).

Ces deux molécules devant se retrouver en même temps derrière le profil, celle qui a été dirigée vers la voie supérieure, voit sa vitesse augmenter. Le théorème de Bernoulli dit qu'à altitude égale la pression d'un fluide diminue quand sa vitesse augmente et inversement. Ainsi, la sur vitesse sur l'extrados (partie supérieure du plan) entraîne une dépression (aspiration).

S'intéresser à la portance, c'est aussi chercher comment obtenir le rapport portance sur traînée le plus grand possible.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser l'effort de poussée fourni par le foil est plus dû à la dépression sur l'extrados qu'à la surpression sur l'intrados. Selon le type de profil, l'intrados fournirait seulement 25 à 30% de l'effort de poussée global. La courbe des dépressions sur l'extrados est très influencée par l'incidence et l'épaisseur relative du foil.

L'angle d'incidence peut être ajusté pour ajuster l'assiette du bateau et la portance. Si l'angle d'incidence est trop important on atteint le point de décrochage : angle où les filets d'eau ne parviennent plus à s'écouler, la force résultante recule.

# Technique

Maquette N°1



Maquette N°2



Maquette N°3



## ● Maquettes

Pour mieux comprendre le fonctionnement des foils et tenter d'appréhender concrètement les contraintes techniques, nous avons conçu, construit et mis à l'eau 3 maquettes (photos ci-contre).

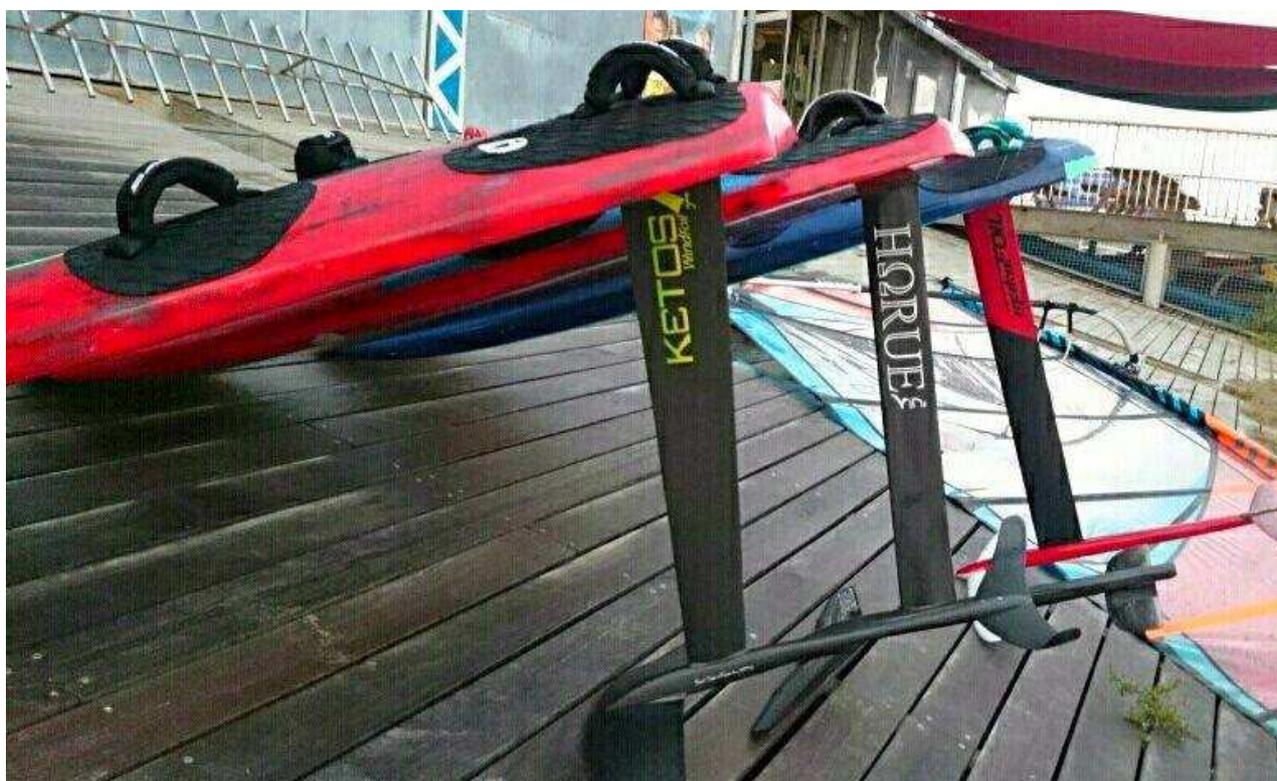
Nous avons construit la maquette n°1 en bois et polystyrène car ces matériaux sont légers et faciles à mettre en forme. Elle nous a permis de mieux comprendre le principe de fonctionnement du foil. Le modèle fabriqué est très simple : un plan porteur relié à un flotteur par un mat en acier, plus facile à fixer grâce aux écrous. Lors de la mise à l'eau, nous n'avons réussi à l'élever au dessus de l'eau qu'1 à 2 secondes, du fait de son instabilité. Ce foil n'est pas performant car la taille du plan porteur engendre quasiment la même trainée que le flotteur. En revanche, sa taille et l'angle important entre le flotteur et le foil lui permettent de s'élever à très faible vitesse.

Nous avons réalisé la maquette n°2 dans le but de construire un foil grandeur nature utilisable en loisir. Il est fait de bois et d'un plan porteur provenant d'un foil de kitesurf. A l'arrière, le plan anti-porteur permet d'améliorer la stabilité et de réduire la vitesse d'élévation. Nous espérons le fixer à une planche de surf et le tester en mer dès que possible.

Pour la maquette n°3, nous avons utilisé un bateau moteur miniature, sur lequel nous avons monté un foil de notre fabrication. Nous avons utilisé plusieurs matières plastiques de récupération, assemblées à la colle chaude. Ces matériaux nous permettaient d'obtenir à la fois la légèreté, la solidité et la rigidité nécessaires. Nous avons d'abord réalisé une coque plastique utilisée en support de base du foil, et fixée au bateau téléguidé avec des élastiques pour ne pas abimer le bateau. Sur cette base, nous avons fixé le foil en V fabriqué avec des baguettes de plastiques. Lors de la mise à l'eau, le bateau s'est surélevé au dessus de la surface dès la prise de vitesse. Mais ce « vol » a été court car nous manquions de puissance. Nous pensons recommencer dès que possible en augmentant la puissance du moteur.

Ces maquettes nous ont permis de comprendre l'hydrodynamique des foils. Elles nous ont montré les multiples contraintes à intégrer lors de la conception et de la fabrication des foils : poids, solidité et légèreté des matériaux ; inclinaison, épaisseur et taille des plans porteurs...

# Exploitation



**La plupart des professionnels contactés évoquent une influence importante du foil dans le monde du windsurf (planche à voile) du kitesurf et du surf : le foil apporte un nouvel élan à ces sports nautiques.**

## Les exploitations actuelles et futures du foil

---

### ● Avis des professionnels du nautisme contactés

« *Le foil apporte un nouvel élan aux sports nautiques : voile, windsurf, kite* » selon Pierre BALEY, Directeur Général d'ALPHA TECHNIQUES, bureau d'études en ingénierie navale et industrielle : « *J'utilise le foil en windsurf. Le foil apporte une nouvelle dimension aux sports nautiques : voiliers de course, kite, windsurf, surf... Le foil permet d'accroître les performances et apporte un nouvel essor. De nouvelles disciplines olympiques pourront apparaître. En windsurf une épreuve internationale sera créée l'année prochaine. De nouvelles exploitations seront sûrement mises au point, les principales limites resteront sans doute liées aux coûts.* »

« *Le foil apporte du rêve et un second souffle au monde nautique* » estime Mathieu DEPLANQUE, Coordinateur du Pôle France Voile de la Fédération Française de Voile : « *Ce qui m'intéresse en foil, c'est le vol, la quasi absence de bruit et de contact avec l'eau, le rapport entre la vitesse et la force du vent. Avec le foil, on doit réviser tous nos acquis en termes d'appuis, de conduite, de sensations... Le foil permet aussi de naviguer dans des conditions de vent inexploitées auparavant Il apporte du rêve, un second souffle au monde nautique. Il pourra apporter de nouveaux records; de la visibilité médiatique; de nouveaux pratiquants en quête de sensations fortes qui n'étaient pas intéressés par la voile traditionnelle...* »

« *Le foil est un vrai renouveau dans le monde du windsurf et du kitesurf.* » explique Loïg PEIGNÉ, cofondateur de Lokefoil, fabricants de foils à St Malo (Ille et Vilaine) : « *En windsurf, le foil permet de décoller dans peu de vent, remonter au vent facilement et ne plus subir le plan d'eau en naviguant en silence. Il permet d'agrandir la plage de vent d'utilisation et de réduire les tailles de voile. C'est un vrai renouveau dans le monde du windsurf et du kitesurf. Il permet de naviguer dans le vent léger et apportera des économies d'énergies en diminuant les frottements.* »

« *Dans 10 ans, tous les supports de sports nautiques seront équipé de foils.* » selon Yann KERMOAL, fondateur de Ker Foils, fabricants de foils à Pont Labbé (Finistère) : « *Mon but, en créant kerfoils était de pousser les limites du vent et de la pratique sportive pour donner accès au plus grand nombre de riders. En windsurf, le foil a relancé l'activité commerciale, pour un sport en berne Le foil apporte aussi un renouveau dans les challenges de vitesse. Dans 10 ans, tous les supports seront équipés de foils.* »

# Exploitation



**« En windsurf, le foil permet d'atteindre des vitesses élevées avec un vent faible. »**

Pierre NOESMOEN, ancien champion du monde de windsurf, conseiller technique à la Fédération Française de Voile : *« J'utilise le foil sur des planches à voile. Le foil m'intéresse pour les nouvelles sensations, les nouveaux équilibres que cela impose de maîtriser, et les limites que cela permet de dépasser (en planche, on peut partir au planning avec une force de vent inférieure à ce qui est nécessaire pour partir au planning avec une planche normale). Pour le moment les limites de vitesse max ne sont pas atteintes en windfoil, la planche « traditionnelle » reste plus rapide.*

*Mais le foil permettra d'atteindre des vitesses supérieures et surtout des vitesses très élevées avec un vent très faible. Le foil révolutionne le monde de la compétition sur l'aspect technologique : maîtrise du matériel, précision des réglages et de l'utilisation du matériel, mais amène à une simplification du « jeu de la régata » avec des stratégies et des choix tactiques plus simplistes que sur des supports lents, un suivi du vent plus grossier... Sur des gros bateaux, type ULTIM (maxi trimarans) ou IMOCA, on va arriver à un point où l'aspect limitant de la performance du skipper ne sera plus son matériel et la vitesse du bateau, mais sa capacité à tenir le choc au niveau physique. Pour ce qui est de l'avenir, peut-être que le foil apportera une utilisation de supports nautiques avec moins de besoins en énergie. Mais pour le moment, la maîtrise des engins à foil n'est pas accessible au grand public. De nouvelles exploitations du foil vont être mises au point, on le voit déjà avec les futurs bateaux de la coupe de l'Amérique 2021.*

**« Le foil permet des vitesses élevées en vent faible à modéré, il apportera de nouveaux records, et un nouveau souffle pour les disciplines sportives. »**

estime Pierrick WATTEZ, coordinateur de la pratique de la planche à voile à la ligue Bretagne de Voile : *« Nous utilisons le foil en planche à voile. Ce qui nous intéresse sont les sensations de vol, la possibilité de naviguer dans un vent très faible par rapport à la pratique de la planche à voile sans foil. Le foil permet des navigations à sensations fortes même dans un vent faible alors qu'elles ne pouvaient avoir lieu avant que dans des vents soutenus. Il permet des vitesses élevées dans du vent faible à modéré, il apportera de nouveaux records, et un nouveau souffle pour les disciplines sportives. Le foil a permis l'émergence d'un nouveau marché. C'est un vecteur d'images spectaculaires. A l'avenir on pourra développer des apprentissages directement sur des supports à foil et des sensations fortes très rapidement pour les pratiquants débutants. Aujourd'hui, les limites en planche à voile sont plus d'ordre technique (savoir faire du pratiquant) mais on sait que c'est dans ce domaine que les évolutions sont le plus rapides. »*

**« Les foils sont relativement techniques pour le public que nous accueillons en écoles de voiles. Et ils sont très fragiles et très cher »** pense Dorian VANNIER,

Directeur du Club Nautique de Saint Jacut de la Mer : « Nous utilisons un windfoil, c'est un foil que nous mettons sous une planche à voile qui nous permet de voler. Ceci procure de nouvelles sensations et permet de naviguer avec moins de vent.

Aujourd'hui les foils sont relativement techniques pour le public que nous accueillons dans les écoles de voiles. De plus, c'est très fragile et très cher. Cependant, nous pouvons aller beaucoup plus vite lorsqu'il n'y a pas beaucoup de vent. C'est un autre pilotage. Les repères de navigation ne sont plus du tout les mêmes car nous n'avons plus de bruit et que nous avons tendance à naviguer en contre gîte. (bateau qui penche du côté de l'équipage et non du côté de la voile). Je pense que la technologie du foil doit évoluer pour que les supports soient plus stables et moins cher. Ceci favorisera l'ouverture de la pratique. »



**« Les foils n'ont pas révolutionné le monde nautique, c'est juste une évolution intéressante mais qui reste couteuse et très technique »** indique Philippe NEIRAS,

conseiller technique national de la Fédération Française de Voile : « Nous utilisons les foils sur de nombreux supports : planche à voile, Kite, dériveurs catamaran habitables ainsi que sur des bateaux à moteur de type "semi rigide". C'est une évolution (même si les foils existent depuis longtemps) . On distingue maintenant les bateaux archimédiens et les bateaux : "full foiling" ou "flying boat". Les foils n'ont pas révolutionné le monde nautique, ils existent et sont utilisés depuis le 19eme siècle, c'est juste une évolution intéressante pour l'aéro et l'hydrodynamique mais qui reste couteuse et très technique. Monsieur tout le monde ne naviguera pas forcément sur des bateaux à foils car ils resteront trop techniques, trop cher et un peu dangereux. Les couts et la technicité ne sont pas à la portée de tout le monde Comme la formule 1 pour l'automobile, le Foil apporte à l'industrie nautique des perspectives, des nouveaux marchés, un banc d'essai. Il y aura bien sur de nouveaux développements technologiques. »

**« L'engouement médiatique pour le foil est un leurre, car c'est un support dangereux qui ne s'adresse pas à tout le monde »** expliquait Gilles Berthou Gérant des sociétés Evo sailing et Bekayak, importateur et vendeurs de voile légère (Laser et Hobie Cat)

depuis 15 ans, dans une interview accordée au quotidien Ouest France le 10/12/2015 : « Il y a un « effet foil » avec un engouement médiatique important. Pour moi c'est un leurre. Ces bateaux correspondent à peu de gens. Mettre les projecteurs sur ces bateaux est dangereux. À une époque, en windsurf, on ne parlait que de Robby Naish qui sautait à 15 mètres de haut. Au final, la mise en exergue du Funboard a fini par tuer la pratique grand public de la planche à voile. Ces bateaux vont très vite et peuvent aussi être très dangereux. D'ailleurs, nous vendons du matériel de protection spécifique. Ils ne s'adressent pas à tout le monde. En terme d'image, c'est chouette et nous avons tous envie de voler, mais, pour le moment c'est élitiste, y compris financièrement. Le foil ne pourra vraiment se démocratiser que dans l'univers de la planche à voile et le kitesurf. Les marques avec lesquelles je travaille ont une diffusion mondiale et ne prendront pas le risque de diffuser des produits dangereux. Elles travaillent plutôt sur des produits grand public, pour amener un maximum de gens sur l'eau, et j'adhère à cette vision. » (Extraits, Ouest France / 10/12/2015)

# Exploitation

---

*« Le foil n'est pas une « solution miracle » ni une « révolution », c'est l'un des composants d'un bateau, une évolution parmi d'autres »*

Antoine MAINFRAY, architecte naval

*« J'utilise les foils si leur usage est justifié selon le programme et le budget du bateau. Selon moi, le foil n'est pas une technologie, mais un des nombreux composants d'un bateau. De manière générale, l'intérêt des appendices offrant une sustentation dynamique est de répondre autrement qu'avec un ajout/déplacement de masses à une problématique de stabilité (transversale ou longitudinale), et/ou à une diminution de la trainée de carène afin soit d'augmenter la vitesse maximale, soit de diminuer la puissance propulsive nécessaire.*

*Il y a depuis quelques années un engouement médiatique autour des foils, mais le premier trimaran volant (Monitor) date des années 50 et les frères Wright ont construit des hydrofoils (à moteur électrique) à la fin du 19<sup>ème</sup> pour valider les profils qui allaient leur permettre de faire voler le premier avion de l'histoire.... Il est donc exagéré de parler de révolution. L'apport des technologies actuelles permet aux architectes d'intégrer plus facilement des foils sur des bateaux de course. Les kites et planches à foil se démocratisent, mais pour le monde de la plaisance il y a peu d'intérêt à l'utilisation de foils. Quand aux navires professionnels, ceux sur lesquels les foils ont une justification en font usage depuis longtemps. Le foil est une évolution technique parmi beaucoup d'autres, comme l'apparition des gréements marconi, l'invention de la quille basculante ou du winch.*

*Les utilisations des foils sont variées, mais de manière générale, ils sont utilisés soit pour augmenter la performance (bateaux de course) soit pour augmenter le confort, la stabilité et l'optimisation des consommations énergétiques (bateaux professionnels)*

*Les principales limites du foil restent leur coût, leur complexité de fabrication et de réglage, le contrôle de la portance et de la trainée. Les foils ne sont pas une 'solution miracle' adaptable à tous les navires. »*

**« Tous les voiliers ne voleront pas.**

**Les supports à foils ne remplaceront pas les supports sans foil »**

Fred MONSONNEC, constructeur, navigateur, auteur de nombreux dossiers sur les Foils

*« Je ne suis pas sûr que nous assistions à une révolution mais plutôt à une évolution car le foil est « vieux ». Certains créateurs pensent être les premiers à développer une idée, en oubliant d'aller voir ce qui a déjà existé. Certains journalistes, en quête de sujets accrocheurs, font de même et reproduisent les communiqués de presse sans faire de recherches. Avant 1900, les pionniers de l'aéronautique mettaient des foils sur leurs hydravions pour aider au décollage. (...) En 1975/76 déjà, la France découvrait le foil quand Eric Tabarly travaillait sur le sujet. Déjà à cette époque plusieurs journalistes ont participé à véhiculer l'idée que l'utilisation des foils était révolutionnaire et qu'Eric Tabarly en était l'inventeur....*

*Et la coupe de l'America 2013 est passée par là et le foil a été « redécouvert ».*

*Tous les voiliers ne voleront pas, pour plusieurs raisons. D'abord, tout le monde ne le souhaite pas, et le poids est l'ennemi du foil... Pour le moment, le foil n'a pas vraiment apporté grand-chose au monde nautique : de nouveaux supports impressionnants comme le kite, un gain de vitesse et de stabilité flagrant sur les grands trimarans à voile (même pour ces engins, il s'agit d'une lente évolution car ces bateaux existent, sont testés et améliorés depuis des décennies), un gain de vitesse en kite, pas en planche, dans certaines conditions pour certains autres supports mais au prix de plus de traînée à basse vitesse, d'une augmentation des dangers, d'un prix élevé, d'une grande fragilité... Maintenant avec une meilleure connaissance des matériaux, la puissance des calculs informatiques, la possible mise en place d'un pilotage électronique plus perfectionné... ce peut être un renouveau aussi bien pour les voiliers que pour les bateaux à moteurs. Surtout si on n'imagine pas le foil que pour voler mais aussi pour stabiliser. Cela existe déjà : trimaran à foils d'appoint, monocoques avec système DSS...*

*Pour l'avenir du foil, je n'ai pas de boule de cristal mais ce que je sais c'est que l'on oublie qu'entre 1950 et 1980 de très nombreux bateaux à moteur et voiliers à foils ont vu le jour et que les engins à moteurs ont disparus ou presque et que certains voiliers comme le Trifoiler ou le Windrider Rave ne sont plus construits. Pour les bateaux à moteur à foils, l'amélioration des coques archimédiennes, des couts et des matériaux font que les foils disparus pourraient peut être revenir. Pour les voiliers, certains supports arrivaient peut être trop tôt, étaient trop novateurs pour l'époque... Le public toujours en recherche de nouveautés et émerveillé par les catamarans de la coupe de l'America identifie maintenant ce type de voiliers.*

*Dans tous les cas, les supports à foils ne remplaceront pas les supports sans foil comme les deux roues motorisés n'ont pas tué le vélo ! »*

# Exploitation



**Sur son nouveau bateau Maxi Banque Populaire IX, équipé de foils, le skipper Armel Le Cléac'h se prépare à la course du Rhum 2018 :**

***« Nous avons réussi à doubler nos vitesses en quelques années et il n'est pas impossible qu'on parvienne à passer la barre des 50 nœuds... plus de 92 km/h. Notre bateau, le Maxi Banque populaire IX, en a le potentiel.***

***A notre échelle, c'est l'équivalent d'une F1 lancée à toute vitesse sur une piste bosselée. Il faudra être vigilant, et se protéger en conséquence.*** » explique le skipper aux journalistes du Parisien en 2017.

Source : « La révolution des bateaux volants » Le Parisien Week end, 3 novembre 2017

Lien vers l'article : <http://www.leparisien.fr/week-end/revolution-bateaux-volants-03-11-2017-.php>

## • Grandes courses et loisirs

Le 19 janvier 2017, le skipper Finistérien Armel Le Cléac'h remporte le Vendée Globe sur son bateau : Banque Populaire VIII. Avec ses foils, il a pulvérisé le record de ce tour du monde en solitaire de près de 4 jours. L'apparition des foils sur les monocoques du Vendée Globe constituait l'innovation majeure de la course. 7 des 29 bateaux au départ en étaient dotés. Après leurs succès en coupe de l'America, les foils avaient besoin d'être validés sur un tour du monde, c'est fait. Aujourd'hui, un an après sa victoire dans le Vendée Globe, Armel Le Cléac'h s'entraîne sur son maxi-trimaran volant Banque Populaire IX, en vue de la Route du Rhum 2018.

Depuis le succès des foils sur la Coupe de l'America de 2013 en baie de San Francisco, les images des grands catamarans volants au dessus de l'eau ont inspiré de nombreux marins. Les foils sont apparus sur de plus grands voiliers de course comme les classes Imoca (monocoques de 60 pieds) et Ultime (multicoques de 60 pieds). L'architecte naval Guillaume Verdier a dessiné plusieurs de ces voiliers parmi les plus performants de ces dernières années. Avec le cabinet VPLP design, ils ont réalisé les 6 foilers Imoca du Vendée Globe 2016-2017. En 2017, il a conçu Maxi Banque populaire IX, le maxi-trimaran équipé de foils, consacré à la course au large et la chasse aux records, skippé par Armel Le Cléac'h. Ces bateaux sont 2 fois plus grands que ceux de la Coupe de l'America. Ils naviguent quelles que soient les conditions de vent et de mer, et ne rentrent pas au port, le soir, pour être réparés en cas de casse. Ce ne sont pas des bateaux laboratoires, mais des bateaux de course, conçus pour gagner. Côté performances, l'accélération de ces bateaux semble sans limite. *« Nous avons réussi à doubler nos vitesses en quelques années et il n'est pas impossible qu'on parvienne à passer la barre des 50 noeuds de vitesse... plus de 92 km/h ! Notre bateau, le Maxi Banque populaire IX, en a le potentiel. A notre échelle, c'est l'équivalent d'une F1 lancée à toute vitesse sur une piste bosselée. Il faudra être vigilant, et se protéger en conséquence. »* souligne Armel Le Cléac'h.

Avec les palmarès des skippers, leurs performances et la puissance de leurs navires, dont le prix frôle les 12 millions d'euros, les sponsors dépassent leurs objectifs. Lors du dernier Vendée Globe, la visibilité de la marque Banque populaire a explosé : plus de 140 heures de TV et plus de 20 000 articles. Ces retombées auraient été valorisées à plus de 55 millions d'euros, l'équivalent de 10 années de sponsoring, selon plusieurs articles de presse.

# Exploitation

---



**Dans le sillage des grandes courses au large, l'univers de la glisse adopte le foil. Vitesse, sensation de glisse unique, sans contact, en silence, possibilité de pratique par vent léger, sur plan d'eau lisse : les atouts du foil conquièrent un public de plus en plus large.**



**Le foil bénéficie d'un grand succès sur les réseaux sociaux grâce notamment au célèbre surfeur, windsurfeur et kitesurfeur américain Kai Lenny qui poste régulièrement des vidéos incroyables dans lesquelles on le voit réaliser des prouesses saisissantes sur différents supports équipés de foil (ici en surf-foil).**

## ● **Grandes courses et loisirs**

« Le vol ouvre de nouvelles perspectives, de nouvelles courses à disputer, de nouveaux records à battre, et de nouvelles histoires à écrire... » s'enthousiasme la journaliste Georgia Diaz dans son article « La révolution des bateaux volants » dans *Le Parisien Week-end* du 3 novembre 2017. Comme elle, de nombreux journalistes s'emballent pour le foil. Depuis 2016, magazines, journaux, télévision enchainent les titres accrocheurs : «révolution foil », « folie du foil » ...

### *Vol au dessus de l'eau, vitesse, sensation, possibilité de pratique plus large*

Dans le sillage des grandes courses au large, l'univers de la glisse adopte le foil. En paddle, on peut voler et passer de vague en vague. En surf, on glisse de lames en lames sans remettre les mains dans l'eau. On avance à 3 fois la vitesse du vent dès 8 nœuds, ou 1,5 fois celle des vagues. 7 nœuds de vent suffisent pour s'amuser en kite-foil contre 20 nœuds minimum en kite classique.

Vitesse, sensation de glisse unique, sans contact, en silence, possibilité de pratique plus large, par vent léger, sur plan d'eau lisse : les atouts du foil conquièrent un public de plus en plus large.

Les « riders » (adeptes des sports de glisse) se sont emparés du foil et les supports se multiplient : Sup Foil (foil associé à du sup ou stand up paddle), Surf Foil, Kite Foil, Wind Foil ou Windsurf Foil (planches à voile sur foils), Foilboards (bateaux de plaisance à voile ou à moteur sur foils) ...

Les photos et vidéos de ces nouveaux sports nautiques envahissent le web et les réseaux sociaux qui raffolent de ces nouveaux produits.

L'arrivée à maturité de la technologie gonflable et l'apparition d'engins combinant propulsion électrique et « coque » gonflable font décoller une multitude de nouveaux engins « fun ».

Conçu et fabriqué par le groupe californien Kai Concepts du célèbre kitesurfeur et concepteur de foils Don Montague, le Jetfoiler (photo en dernière page de ce dossier) combine foil et propulsion électrique sur un support de type surf « *cette innovation pose les bases de ce que pourraient devenir les loisirs sur l'eau dans 10 ans. La propulsion par cerf-volant (kite en anglais) procure de nouvelles sensations, y compris à basse vitesse, quand la technologie gonflable apporte la mobilité (nomadisme)* » peut-on lire sur les nombreux webmagazine consacrés aux foils.

Le Lift eFoil « *l'objet nautique le plus fun au monde vous fera oublier Zodiac et jetski* » enflamme aussi le web : un surf électrique avec 1h d'autonomie grâce à une batterie au lithium.

# Exploitation

---



Crédit photo : 123RF / Kent Dahlberg

**Difficilement quantifiable, la filière foil serait « *en pleine explosion* ». Les professionnels s'accordent à dater le début de cet engouement à la Coupe de l'America 2013.**

## ● Exploitations commerciales : voile, surf, kite ...

Bien que difficilement quantifiable, la filière foil serait, selon certains observateurs « *en pleine explosion gagnant la voile légère, la glisse et même des bateaux à moteur* ». Les professionnels s'accordent à dater le début de cet engouement à la Coupe de l'America 2013.

Fabricant d'Hydrofoil pour wakefoil, windfoil, supfoil, surfoil et kitefoil, Horue développe, fabrique et commercialise des foils ultra légers en carbone depuis 2007 et exploserait sa visibilité et ses ventes depuis 2014 - 2015 selon les webmagazines dédiés.

### *Décathlon attend avant de lancer un foil, car cela reste cher pour leur modèle*

Bic Sport, leader mondial de planches de glisse, commercialise un foil de windsurf depuis 2016.

Surfactory, important fabricant de surfs, kite-surfs et planches à voile, travaille sur des prototypes qui devront allier sécurité et performance.

Décathlon y réfléchit : « *En glisse, le phénomène est en plein déploiement. Le foil va influencer le développement de notre matériel, ou le révolutionner, mais Décathlon attend avant de lancer un projet concret. Cela reste cher pour notre modèle...* » explique Edouard du Doré, responsable surf de Décathlon dans la presse.

Beneteau, leader mondial de la plaisance se préparerait à utiliser les foils sur des bateaux de série, d'abord des voiliers, puis des vedettes. : « *La technologie est à ses débuts, mais elle est éprouvée et a beaucoup d'avenir. En l'industrialisant, on va sortir des bateaux moins chers, dotés de meilleures performances* » indique Hervé Gastinel, Président du groupe, dans la presse.

Easy To Fly est un catamaran à foils en série de 26 pieds, conçu et fabriqué par JPS Production commercialisé par Absolute Dreamer, l'entreprise du navigateur Jean-Pierre Dick.

Apparaissent aussi des petits catamarans de plage comme le Ufoiler « l'Optimist du foil ».

Créée en 2016, la start-up SEAir, veut « *faire voler tous les bateaux - à voile et à moteur - grâce aux foils* ». La société basée à Lorient considère que le foil s'adresse à tous les publics. Son Flying RIB-Zodiac Pro 5.5, est présenté comme le premier semi-rigide volant au monde.

# Exploitation



Photo SEABUBBLES



Photo QUADROFOIL



Dans le sillage des grandes courses à la voile, la médiatisation des foils apporte une nouvelle visibilité à de nombreuses initiatives commerciales mettant en avant les atouts du foil pour les bateaux à moteur, voiliers de plaisance, surf, kite etc. : vitesse, confort, silence, écologie, faible consommation...

Le taxi seabubbles (en haut sur la Seine), le quadrofoil (ci-contre) font partie des nombreuses nouveautés qui arrivent sur le marché.

La Russie vient de relancer en 2017 un navire à hydrofoil de transports de passagers, plus rapide, plus économique.

Ceci après une pause de 2 décennies sur ce type d'engins considérés trop coûteux.

## ● Exploitations commerciales : bateaux à moteur

Libéré des contraintes de glisse des parties immergées de la coque, le bateau à moteur à foil devient plus écologique et consomme 25 à 30 % de carburant en moins. Les puissances des moteurs sont quasiment divisées par 2. Avec les technologies disponibles aujourd'hui, de nouveaux hydrofoils motorisés arrivent sur le marché.

Le quadrofoil, les sea-bubbles, le Foiler 41... font partie des nombreuses innovations médiatisées.

### *Silencieux, confortables, ludiques et écologiques*

Lancé en 2012, le Quadrofoil, est un yacht rapide, écologique et silencieux, léger en fibre de carbone et Kevlar avec des batteries au lithium. Cet hydroptère électrique semble séduire son public puisqu'une série de 100 unités aurait été mise sur le marché et un plan de production de plus de 10 000 unités par an est annoncé par le fabricant.

Inventés par le navigateur Alain Thébault, co-créateur de l'Hydroptère, les Sea Bubbles, sont des taxis volants électriques pourvus de 4 hydrofoils testés sur la Seine en 2017. Ils promettent « Zéro bruit, zéro vague, zéro émission de carbone ». La maire de Paris, Anne Hidalgo soutient le projet en imaginant un service de bateaux-taxis sur la Seine... Ces petits véhicules arrondis faits de matériaux biodégradables sont destinés aux voies navigables des grandes régions métropolitaines. Ils sont silencieux, ne polluent pas et ne créent presque pas de sillage. Leurs batteries peuvent être rechargées aux bornes de recharge.

Après un prototype présenté en 2014, le groupe Enata Marine de Dubai a lancé Le Foiler 41, un bateau à moteur à foils rétractables, qui s'utilise soit en bateau à moteur classique, soit sur ses foils à grande vitesse pour économiser du carburant.

Expert des grands catamarans de luxe, le polonais Sunreef Yachts annonçait en 2017 le lancement de la première vedette catamaran open de série, dotée de foils, « vaste, stable et rapide » selon le constructeur qui vise le marché des yachts haut de gamme.

L'arrivée des nouveaux matériaux et de nouvelles technologies pourrait aussi relancer la production et l'exploitation des hydrofoils dans le transport de passagers. Ainsi la Russie vient de relancer en 2017 la construction du navire à grande vitesse Hydrofoil Kometa, un navire de transports de passagers, plus rapide, plus économique. Ceci après une pause de 2 décennies sur ce type d'engins considérés trop coûteux.

# Limites



## Les limites du foil : complexité, fragilité, dangerosité, coût

---

### ● Complexité et technicité

La navigation sur des supports équipés de foils requiert une maîtrise technique et un entretien importants. La compréhension et le contrôle précis des réactions des profils face aux contraintes comme l'orientation et la vitesse des vents, les vagues, la température d'eau, la vitesse d'écoulement, les changements de trajectoire, l'orientation de la portance, la profondeur nécessaire... nécessitent un minimum d'expertise et de compétence technique. Les foils et leur visserie réclament également un entretien rigoureux et régulier.

A une certaine vitesse apparaît aussi un phénomène très gênant : la cavitation, l'analogie hydraulique du mur du son, qui limite la vitesse des voiliers sous 50 nœuds (environ 90 km/h).

### ● Dangerosité

Les vitesses élevées, les décélérations sévères et répétées des engins équipés de foils entraînent de nouveaux risques pour les navigateurs. Plus technique et plus violente, la navigation peut entraîner des blessures et des traumatismes graves. Les bords tranchants des foils sont dangereux pour les animaux marins et pour l'homme. Des équipements spécifiques (casques et gilets de protection notamment) sont d'ailleurs recommandés.

### ● Coûts et fragilité

Carbone, titane, kevlar... les matériaux utilisés pour fabriquer les foils doivent être légers, rigides et solides. Ils sont chers. Une paire classique de foil pour voilier coûte plus de 30 000 euros, un foil de windsurf plus de 1 000 euros. En plus de ce coût élevé des matériaux, la complexité de fabrication liée aux nombreux réglages nécessaires, au contrôle de la portance et de la traînée font que « les foils ne sont pas une 'solution miracle' adaptable à tous les navires ».

Des coûts d'autant plus prohibitifs que les foils sont fragiles et cassent facilement. A la vulnérabilité inhérente aux matériaux s'ajoute un autre point de fragilité, lié à l'exposition des foils dans l'eau : les foils sont sensibles aux impacts des objets flottants et des animaux marins.

# Révolution ?



« Laissez tomber les jetpacks aquatiques, voici l'activité nautique du futur ! Parcourir les océans avec un surf qui flotte littéralement au dessus de l'eau, ça c'est la classe. »

Les images de ces foils électriques ont beaucoup de succès sur le web.



Fabricant d'Hydrofoil pour wakefoil, windfoil, supfoil, surfoil et kitefoil, la marque Horue qui développe, fabrique et commercialise des foils ultra légers en carbone, est également très présente sur les webmagazines et sur les réseaux sociaux

## Dans quelles mesures l'hydrofoil peut-il révolutionner le monde nautique ?

---

Dès l'exposé des origines des foils, nous plongeons au cœur de notre problématique : depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, les navigateurs conçoivent des hydrofoils pour gagner en vitesse. Ces évolutions se poursuivent depuis. Chaque décennie apporte de nouveaux ingénieurs, de nouvelles idées, de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies. « Vieux » de plus d'1 siècle, l'hydrofoil ne peut pas constituer une « révolution ». Mais, au-delà de l'engouement médiatique, nous pensons que l'hydrofoil peut réellement « transformer » le monde nautique pour 3 raisons principales :

- 1- les sensations fortes atteintes rapidement conquièrent un large public en quête de loisirs,
- 2- la réduction des consommations d'énergie et le silence séduisent une société écologique,
- 3- la multitude d'engins innovants relance des activités en déclin (comme la planche à voile), crée de nouveaux marchés, diversifie et apporte un nouveau souffle aux activités nautiques.

### ● **Vitesse et sensation : nouveaux loisirs « fun »**

Windsurf, kitesurf, paddle, kayaks, surf bénéficient d'un nouvel essor avec de nouvelles pratiques plus ludiques qui apportent des sensations fortes rapidement. Le gain de vitesse par vent léger est remarquable. Le foil est la nouvelle arme dans le vent léger et sur les plans d'eau lisses.

### ● **Écologie et silence : nouvelle technologie « propre »**

Les nouveaux hydrofoils permettent de développer des bateaux à moteurs qui consomment 25 à 30 % de carburant en moins. Technologies et matériaux disponibles aujourd'hui permettent de développer des engins rapides, ludiques, silencieux et écologiques.

### ● **Économie et innovation : relance des sports nautiques**

Les moyens mis en œuvre sur les navires des grandes courses au large apportent un nouveau souffle qui tire l'ensemble de la profession : à la fois en termes d'image, de faisabilité technique et d'attractivité pour des activités nautiques diversifiées auprès d'un public plus large. Autrefois réservé à l'élite, le foil s'adapte aujourd'hui à tous les supports : semi-rigide, bateau de plage, paddle, kite, planche à voile... et vise le grand public avec de nombreux nouveaux sports et de nombreux nouveaux engins qui arrivent sur le marché.

# Références Bibliographiques

---

## Périodiques et livres documentaires consultés :

- Voiles et Voiliers, N°484, juin 2011, « On a marché sur la mer » par Christian Février et Fred Monsonnec, (pages 19 à 21)
- L'Usine Nouvelle, N°3493, 24/11/2016, « La révolution des foils dans le Vendée Globe », par Patrice Desmedt (pages 12 à 15)
- L'Usine Nouvelle, N°3523, 01/03/2017, « Les bateaux volants ne sont plus réservés aux pros », par Pierre Monnier (page 17 à 19)
- Science & vie, N°1127, août 2011, « Et voici l'Hydroptère Maxi », par Muriel Valin (pages 72 à 79)
- Le Monde, N°22012, 22/10/2015, « Transat Jacques-Vabre : la bataille des foils », par Patricia Jolly (page 3)
- Capital, N°304, janvier 2017 « Ils font triompher le made in France », par Éric Wattez (page 30 à 33)
- Sciences et Avenir, N°831, 02/05/2016 « La Route du Rhum dans les bureaux d'études » par Olivier Hertel (pages 51 à 53)
- Sciences et Avenir, N°813, 02/11 2014 « Route du Rhum : ces foils qui font voler les bateaux » par Olivier Hertel (pages 80 à 84)
- Les bateaux qui volent, de Gilles Martin-Raget et François Chevalier, éd. Gallimard, du 27 octobre 2016, ISBN 978-2742447572
- Hydrofoils: Design, Build, Fly , de Ray Vellinga , éd. Peacock Hill Publishing, du 5 septembre 2009, ISBN 978-0982236116

## Unions, fédérations et associations contactées :

- UNCL, Union Nationale pour la Course au Large, [www.uncl.com](http://www.uncl.com)
- FIN, Fédération des Industries Nautiques, [www.fin.fr](http://www.fin.fr)
- FFV, Fédération Française de Voile, [www.ffvoile.fr](http://www.ffvoile.fr)
- BRETAGNE INFO NAUTISME, [www.bretagne-info-nautisme.fr](http://www.bretagne-info-nautisme.fr)
- ENSV, Ecole Nationale de Voile et des Sports Nautiques : [Blog Foil ENVSN](http://Blog Foil ENVSN), [Environnement numérique 100% pur foil](http://Environnement numérique 100% pur foil)
- ENSV, Facebook : <https://www.facebook.com/foilgenerationENVSN>

## Articles, dossiers et vidéos consultés sur internet :

- FOILERS, le blog des bateaux volants, [www.foils.wordpress.com](http://www.foils.wordpress.com)
- Théories de la portance, dossier de Fred Monsonnec, 07/12/2011, Foilers, le blog des bateaux volants, [www.foils.wordpress.com](http://www.foils.wordpress.com)
- Des hydrofoils à la portée de tous, dossier de Claude Tisserand (52 pages), Juillet 2005, [www.voiles-alternatives.com](http://www.voiles-alternatives.com)
- The foiling phenomenon : how sailing boats got up on foils to go ever-faster, dossier, 20/07/2015, [www.yachtingworld.com](http://www.yachtingworld.com)
- L'utilisation du foil par l'armée américaine sur ses navires, dossier, 11/05/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com)
- Foil : Portance et trainée en kite foil, dossier de Arnaud Sourisse, 2016, [www.serise-foils.com](http://www.serise-foils.com)
- De l'utilisation des foils en architecture navale, dossier de Jean Sans, partie 1 / 3, 20/12/2015, [www.uncl.com](http://www.uncl.com)
- Histoire des Hydroptères avant 1912, conférence de Daniel Charles, 18/03/2001, [www.foils.wordpress.com](http://www.foils.wordpress.com)
- Hydrofoils - Renewable Energy Research - [www.bluebird-electric.net/hydrofoils.htm](http://www.bluebird-electric.net/hydrofoils.htm)
- Les foils vus par Jean Sans, dossier de Jean Sans, partie 2 / 3, 22/01/2016, [www.uncl.com](http://www.uncl.com)
- Et si les monocoques se rêvaient à voler, dossier de Jean Sans, partie 3 / 3, 08/06/2016, [www.uncl.com](http://www.uncl.com)
- L'hydroptère : les précurseurs, le principe, les dates clés, site dédié et dossier, 2014, [www.hydroptere.com](http://www.hydroptere.com)
- Vendée Globe. Les foils ? Ça marche comme ça... , article de Raphaël Bonamy, 04/11/2016, [www.ouest-france.fr](http://www.ouest-france.fr)
- Le futur des bateaux à moteur passera-t-il par les foils ? article de François-Xavier Ricardou, 13/07/2017, [www.bateaux.com](http://www.bateaux.com)
- Maxi Edmond de Rothschild, dauphin d'une grande transat, article de Sébastien Josse, 13/11/2017, [www.gitana-team.com](http://www.gitana-team.com)
- Les foils arrivent dans le nautisme grand public, article de Julien Dupont-Calbo, 21/04/2017, [www.lesechos.fr](http://www.lesechos.fr)
- Une entreprise de création de foils à Saint-Malo article de Marie-Axelle Richard, 10/06/2015, [www.ouest-france.fr](http://www.ouest-france.fr)
- Dans le Morbihan, le marché du foil décolle, article de Sophie Capelle et Stéphanie Hancq, 05/04/2017, [www.ouest-france.fr](http://www.ouest-france.fr)
- Le Foiler 41, le bateau à moteur aux foils rétractables, article de Chloé Lottret, 14/11/2016, [www.bateaux.com](http://www.bateaux.com)
- Sunreef lance la première vedette catamaran de série, dotée de foils, 30/03/2017, [www.actunautique.com](http://www.actunautique.com)
- Quadrofoil, le premier jet-ski totalement respectueux de l'environnement, 06/02/2015, [www.allboatsavenue.com](http://www.allboatsavenue.com)
- Horue et Redwood Paddle proposent un paddle foil, 25/11/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com),
- Lift Foil dans les canaux de Miami, vidéo, 11/11/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com)
- Stand up paddle foil de RODS Hydrofoil avec le rideur français Eric Terrien, vidéo, 06/11/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com)
- Surf Foil F-One avec Grant Twiggy Baker, 09/09/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com)
- Les nouveautés 2018 de chez Manta Foils, 07/08/2017, [www.foil-magazine.com](http://www.foil-magazine.com)
- Sea Bubbles, bulles électriques d'Alain Thébaud, le père de l'Hydroptère, Jean-Luc Goudet 10/07/2016, [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)
- Un bateau-taxi qui surfe sur l'eau en test à Lyon, vidéo, 30/08/2017, [www.France3-Auvergne-Rhône-Alpes](http://www.France3-Auvergne-Rhône-Alpes)
- Sea Bubbles : vers un retour des "taxis volants" sur la Seine en 2018, communiqué AFP, 29/11/2017, [www.leparisien.fr](http://www.leparisien.fr)
- Russia Resumes Construction of High-Speed Hydrofoil Ship Kometa, 17/06/2017, [www.reuters-international](http://www.reuters-international)



Photo QUADROFOIL / [www.quadrofoil.com](http://www.quadrofoil.com)

